BHS II K 146

II. 13
K. 146.

Bayerische Berg-, Hütten- und Salzwerke
Bibliothek:
Gruppe II K
B. Nr. 146
Aktiengesellschaft

LEHRBUCH

DER PRAKTISCHEN

MARKSCHEIDEKUNST

UNTER BERÜCKSICHTIGUNG

DER ALLGEMEINEN VERMESSUNGSKUNDE

VON

O. BRATHUHN,

OBERBERGAMTSMARKSCHEIDER

UND LEHRER AN DER KÖNIGLICHEN BERGAKADEMIE IN KLAUSTHAL.

ZWEITE, VERMEHRTE UND VOLLSTÄNDIG UMGEARBEITETE AUFLAGE.

MIT 367 ABBILDUNGEN IM TEXT.

BIBLIOTHEK
DER K. B. GENERAL
BERGW. U. SALINEN
ADMINISTR.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1894.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorwort zur zweiten Auflage.

In der ersten Auflage dieses Buches war nur allein das Gebiet der Markscheidekunst im engsten Sinne behandelt und wegen der allgemeinen Vermessungskunst auf die entsprechenden Lehrbücher verwiesen worden.

Nach vielen Äußerungen von Fachgenossen war dies als ein Mangel des Buches empfunden worden, weil keine vollständige Übersicht aller Aufgaben, die einem Markscheider in der Ausübung seines Berufes vorkommen können, gegeben war. Ich habe deshalb in der zweiten Auflage das Wichtigste der allgemeinen Vermessungskunde mit aufgenommen.

Durch das Hinzutreten dieses Stoffes wurde eine neue Einteilung des Inhaltes notwendig, und da außerdem verschiedene Kapitel der ersten Auflage einer Umarbeitung bedurften, so konnte vielfach auch der Wortlaut nicht beibehalten werden. Dadurch ist die zweite Auflage zu einem neuen Buche der Markscheidekunst geworden.

Bei der Abfassung der zweiten Auflage habe ich, wie in der ersten nur die Vorkenntnisse, namentlich in der Mathematik, vorausgesetzt, die nach den Prüfungsvorschriften für die Markscheider in Preußen verlangt werden. Nach diesen Vorschriften ist nur die Bekanntschaft der elementaren Mathematik bis zur sphärischen Trigonometrie einschließlich erforderlich.

Von der allgemeinen Vermessungskunst habe ich nur diejenigen Kapitel behandelt, die für den Markscheider von Wichtigkeit sind, und auch diese Kapitel elementar und kurz. Z. B. der Meßtisch ist, weil er in der Markscheidekunst keine Verwendung findet, ganz weggelassen, von den Tachymetern ist nur eine Konstruktion und das eine dadurch bedingte Verfahren besprochen, das trigonometrische Höhenmessen über Tage, namentlich auf größere Entfernungen, ist nur angedeutet und das barometrische Höhenmessen ganz übergangen. Ferner sind der Spiegelsextant und der Prismenkreis nicht erwähnt.

Überall, auch in den Kapiteln der eigentlichen Markscheidekunst habe ich den Standpunkt des praktischen Markscheiders festgehalten

und von der Theorie immer nur das Wichtigste erwähnt. Dies zeigt sich z. B. in der Besprechung der Folgen der einzelnen Fehler des Theodoliten §§ 49 ff., der Fehler des STUDERschen Hängezeuges §§ 67 ff., sowie in der Besprechung der Fehlerausgleichungen in Polygonen, in Dreiecken und bei Vorwärts- und Rückwärtseinschneiden.

Ich habe mich bemüht, möglichst alle von den Markscheidern angewandten Vermessungsmethoden und Instrumente, die sich bewährt haben, zu erwähnen und zu besprechen, ohne mit einer gewissen Voreingenommenheit die einen absichtlich zu bevorzugen und die anderen zu vernachlässigen.

Die Magnetorientierung habe ich etwas ausführlicher behandelt, und zwar glaubte ich aus folgenden Gründen hierzu verpflichtet zu sein. In keinem anderen Bergbaubezirke drängen wohl die Verhältnisse so gebietersich zur Anwendung der Magnetorientierung, als hier auf den Oberharzer Gruben, und deshalb sind naturgemäß auch hier auf diesem Gebiete die meisten Erfahrungen gesammelt worden.

Die Stundenteilung des Kompasses habe ich fallen gelassen und nur die Gradeinteilung berücksichtigt, weil letztere mit Recht überall mehr und mehr in Gebrauch kommt.

Abgesehen von einzelnen Kapiteln habe ich, um dem Buche nicht eine zu große Ausdehnung zu geben, nach einer möglichst kurzen Fassung gestrebt, die vielleicht an einzelnen Stellen zu weit geht und eher einem Leitfaden als einem Lehrbuche zukommt. Hoffentlich hat aber unter diesem Bestreben die Klarheit und Verständlichkeit der Darstellung nicht eingebüßt.

Es ist immer schwierig, einen Lehrstoff nur in begrenzter Weise zu behandeln, dem einen wird man zu viel, dem anderen zu wenig gegeben haben, dem einen ist ein bestimmter Gegenstand zu ausführlich, dem anderen nicht erschöpfend genug behandelt.

Ob ich mit den selbstgesteckten Grenzen in der Behandlung des Stoffes das Richtige getroffen und dem Bedürfnisse entsprochen habe, werden die praktischen Markscheider am besten herausfühlen, jeder außerhalb dieses Berufes Stehende wird vielleicht anders urteilen.

Den verehrten Fachgenossen, die mich durch ihren Rat unterstützt haben, sage ich meinen verbindlichsten Dank, sowie auch dem Herrn Verleger für die gute Ausstattung des Buches und für die Aufnahme von zahlreichen neuen Figuren.

Klausthal, im Juli 1894.

Der Verfasser.

Inhalt.

Erstes Kapitel.

Vorbegriffe.

Seite

Gestalt und Größe der Erde. Lotlinie. Horizont. Zenith. Nadir. Tagebogen und Nachtbogen (§ 1) . 1
Höhe. Azimut. Deklination, Rektaszension und Stundenwinkel (§ 2) . . . 4
Geographische Länge und Breite. Polhöhe (§§ 3 u. 4) 6
Zeiteinteilung. Ekliptik. Zeitgleichung. Zeitbestimmung (§§ 5 u. 6) 8
Die Winkel der Vermessungskunde. Horizontal- und Vertikalwinkel. Rechtsinnige und widersinnige Drehung. Vermessungsrichtung (§ 7) 12
Die Meridiankonvergenz (§ 8) . 13
Die Magnetnadel. Deklination. Variation. Amplitude. Störungen (§ 9) . . 14
Allgemeine Regeln über die bildlichen Darstellungen. Projektionen. Vermessungshorizont. Koordinatensysteme (§§ 10 u. 11) 18
Die Vermessungsmethoden im allgemeinen. Dreiecksmethode, Polygon- und Stückvermessung (§§ 12 u. 13) 22
Erklärung einiger der Markscheidekunst eigentümlichen Ausdrücke (§ 14) . . 23

Zweites Kapitel.

Das Abstecken von Linien und die Längenmessungen.

Das Abstecken und Ausfluchten von Linien (§ 15) 24
Die Längenmessung. Die Meterschnur (§ 16) 25
Messen mit Stäben aus Holz und Eisen (§ 17) 26
Die Stahlmeßbänder (§ 18) . 30
Das Abstecken von Linien mit vorliegenden Hindernissen (§ 19) 35
Abstecken von Kreiskurven (§ 20) 36
Abstecken von rechten Winkeln. Winkelkopf. Winkelspiegel. Winkelprisma. Prismenkreuz (§ 21) . 38

Drittes Kapitel.

Die den meisten Meßinstrumenten gemeinsamen Teile.

Diopter und Fernrohr (§§ 22 u. 23) 44
Die Aufstellung der Meßinstrumente. Stative. Arme. Spreizen (§ 24) . . . 47
Verbindung der Meßinstrumente mit dem Stativ. Zentralschraube. Dreifuß. Kugelgelenk (§ 25) . 49

Seite
Die Libellen. Röhren- und Dosenlibelle. Empfindlichkeit (§ 26). Prüfung der Libellen (§ 27) . 52
Die Achsen. Feine und grobe Drehung. Die Mikrometerwerke (§ 28) . . . 56

Viertes Kapitel.

Der Theodolit.

Historische Ableitung des Namens (§ 29) 58
Eisenscheiben. Erste Form des Theodoliten (§ 30) 59
Größe und Form der Theodoliten. Der Limbus (§ 31) 61
Die Alhidade (§ 32). Die Einrichtung und Gebrauch der Nonien (§ 33). Die mikroskopische Ablesung (§ 34) 65
Die Fernrohrträger und das Fernrohr. Durchschlagen und Umlegen des Rohres. Erste und zweite Lage (§ 35) 70
Der Höhenkreis. Bezifferung (§ 36) 71
Die Libellen des Theodoliten (§ 37) 73
Prüfung und Berichtigen der Theodoliten. Teilung. Libellen (§ 38) 73
Kollimationsfehler des Theodoliten (§ 39) 75
Die Richtigkeit der Okularbewegung (§ 40) 76
Stand der Kippachse zur Hauptachse. Inklinationsfehler (§ 41) 78
Prüfung des Höhenkreises. Indexfehler (§ 42) 79
Die sogenannte allgemeine Prüfung (§ 43) 80
Das Messen von Horizontalwinkeln. Allgemeines (§ 44) 81
Das einfache Winkelmessen (§ 45). Die Satzbeobachtung (§ 46) 82
Das Repetieren der Winkel (§ 47) 84
Das Messen exzentrischer Winkel (§ 48) 87
Die Wirkungen der Fehler des Theodoliten auf die Winkelmessung. Kollimations-, Inklinations- und Vertikalfehler (§ 49) 89
Die Exzentrizitäten am Theodoliten (§ 50) 91
Das Messen von Vertikalwinkeln (§ 51) 93
Das Aufstellen und Zentrieren des Theodoliten und Signale über Tage (§ 52) 95
Signale in der Grube. Das Messen mit fixierten Punkten (§ 53) 98
Zentriervorrichtungen (§ 54) . 100
Die Signale bei fixierten Punkten (§ 55) 104
Die Meßmethode mit verlorenen Punkten (§ 56) 105
Die Freiberger Aufstellung (§ 57) 108
Vergleichung der beiden Meßmethoden (§ 58) 112
Das Messen mit dem Theodoliten in tonnlägigen Schächten (§ 59) 113

Fünftes Kapitel.

Die Magnetnadelinstrumente.

Unterschied zwischen Kompaß und Bussole (§ 60) 119
Der Markscheiderkompaß (§ 61) . 120
Die Kompaßbüchse (§ 62). Die Kreisteilung des Kompasses (§ 63). Widersinnige Bezifferung (§ 64) . 123
Prüfung des Kompasses. Empfindlichkeit und Exzentrizität der Nadel (§ 65) . 126
Das Kompaßhängezeug (§ 66) . 130
Die Fehlerquellen des Studerschen Hängezeuges. Der Kollimationsfehler (§ 67) 132
Der Neigungsfehler des Hängezeuges (§ 68) 135

Seite
Der Orientierungsfehler (§ 69) . 137
Andere Konstruktionen des Hängezeuges (§ 70) 138
Der Kompaß in der Zulegeplatte (§ 71) 140
Der Taschenkompaß (§ 72) . 141
Die Bussole oder der Stativkompaß (§ 73) 143

Sechstes Kapitel.

Hilfsapparate zur Verwendung des Kompasses in Gegenwart von Eisen.

Bedürfnis der Apparate und das Verfahren im allgemeinen (§§ 74 u. 75) . . 146
Die Kreuzschnüre (§ 76) . 148
Das Braunsdorfsche Hängezeug (§ 77) 149
Die Kompaßstäbchen von Reichelt und Lehmann (§ 78) 150
Der zentrierbare Hängekompaß von Penkert (§ 79) 152
Das Fuhrmannsche Hängezeug (§ 80) 153
Die Bussole (§ 81) . 155
Die eisenfreien Schnüre (§ 82) 155
Die Genauigkeit solcher Züge. Beispiel (§ 83) 156

Siebentes Kapitel.

Das Nivellieren oder Höhenmessen.

Vorbegriffe. Arten des Nivellierens (§ 84) 158
Die zum Nivellieren dienenden Instrumente. Die Libelleninstrumente (§ 85) . 159
Die Nivellierlatten über Tage (§ 86) 162
Die Nivellierlatten in der Grube (§ 87) 164
Die Borcherssche Hängelatte (§ 88) 166
Die Methoden des Nivellierens. Nivellieren aus der Mitte (§ 89) 168
Einwirkung der Erdkrümmung und der Refraktion (§ 90) 169
Das Nivellieren aus den Endpunkten (§ 91) 170
Zusammengesetztes Nivellement (§ 92) 171
Die Berechnung der Nivellements (§ 93) 173
Nivellement mit Hängelatten (§ 94) 175
Prüfung und Berichtigung der Libelleninstrumente. Allgemeines (§ 95). Prüfung der Libelleninstrumente mit losen Teilen (§ 96), mit fest verbundenen Teilen (§ 97), mit Reversionslibelle (§ 98), mit losen Teilen und Kippschrauben (§ 99) . 175
Prüfung des Horizontalfadens (§ 100) 179
Das beim Nivellieren zu beachtende Verfahren (§ 101) 180
Die Genauigkeit geometrischer Nivellements (§ 102) 182
Fehlerausgleichung der Nivellements (§ 103) 183
Andere Hilfsmittel zum Nivellieren (§ 104) 183
Das trigonometrische Höhenmessen in der Grube (§ 105) 184
Der Gradbogen (§ 106) . 185
Der wichtige Aufhängepunkt des Gradbogens (§ 107) 187
Andere Formen des Gradbogens (§ 108) 190
Das trigonometrische Höhenmessen mit Hilfe des Höhenkreises. Genauigkeit (§ 109) . 192
Das trigonometrische Höhenmessen über Tage (§ 110) 193
Das geodätische Höhenmessen (§ 111) 194

Seite
Das Setzniveau mit Latte (§ 112) . 195
Das mittelbare Messen von Schachttiefen (§ 113) 197
Das unmittelbare Messen von Schachttiefen (§ 114) 198

Achtes Kapitel.

Die Ausführung von Markscheiderarbeiten.

Berechnung von Koordinaten, Ableitung der Neigungswinkel gegen die Abszissenachse (§ 115) . 202
Die Vermessungsarbeiten des Markscheiders. Allgemeines (§ 116) 208
Die Dreiecksmessung (§ 117) . 208
Die Netzeinschaltung oder das Einketten (§ 118) 212
Die Punkteinschaltung. Allgemeines (§ 119) 213
Das Vorwärts- und Seitwärtseinschneiden (§ 120) 213
Das Vorwärtseinschneiden aus drei Punkten (§ 121), aus mehr als drei Punkten (§ 122) . 214
Das Rückwärtseinschneiden (§ 123) 218
Die erweiterte Pothenotsche Aufgabe (§ 124) 220
Das mehrfache Rückwärtseinschneiden eines Punktes (§ 125) 220
Die Hansensche Aufgabe (§ 126) 224
Dreiecksnetz ohne Anschluß an die Landesaufnahme (§ 127) 224
Allgemeines von den Polygonmessungen (§§ 128 u. 129) 226
Die Berechnung der Polygone (§ 130) 227
Die Fehler in den Polygonzügen und ihre Verteilung (§§ 131. 132. 133) . . 227
Der offene Polygonzug mit gegebenem Anfangs- und Endpunkt (§ 134) . . . 233
Die einfachen Ausgleichsverfahren (§ 135) 237
Das geschlossene Polygon (§ 136) 239
Die polygonometrischen Grubenmessungen im Besonderen. Beispiel (§§ 137. 138. 139) . 241
Bestimmen von Streichen und Fallen der Gebirgsschichten (§ 140) 248
Das Hängen der Stunde. Prahne (§ 141) 249
Die Theodolitzüge (§ 142) . 249
Die Markscheiderlampen (§ 143) 250
Die Berechnung der Grubenzüge (§ 144) 252
Das Zulegen mit dem Kompaß (§ 145) 253
Die unvermeidlichen Fehler der Kompaßzulage (§§ 146 u. 147) 257
Das Zulegen mit dem Transporteur (§§ 148 u. 149) 258
Die Ausgleichung der Fehler in der mechanischen Zulage (§ 150) 261
Die Durchschlagszüge (§§ 151. 152. 153) 263

Neuntes Kapitel.

Die Anfertigung von Grubenrissen.

Allgemeines (§§ 154 u. 155). Fundamentalrisse (§ 156). Das Auszeichnen (§ 157). Seigerrisse (§ 158). Profile (§ 159). Glasmodelle (§ 160) 270
Das Kopieren von Rissen (§ 161) 277
Das Quadrieren des Papiers (§ 162). Das photographische Kopieren (§ 163) . 280
Die Stückvermessung mit Meßband, Winkelspiegel und Bussole (§§ 164 u. 165) 281

Seite
Die Flächenberechnung nach Originalzahlen (§ 166), nach Plänen (§ 167) . . 284
Die Theorie des Polarplanimeters (§ 168) 287
Genauigkeit der Flächenberechnung (§ 169) 289

Zehntes Kapitel.

Die Anschluß- und Orientierungsmessungen.

Allgemeines (§ 170) . 290
Anschluß durch einen Stolln (§ 171) 291
Anschluß durch zwei Schächte. Einrechnung (§ 172) 291
Anschluß durch einen Schacht. Allgemeines (§ 173) 294
Das Lotverfahren mit einem Anschlußdreieck (§ 174), mit zwei Anschlußdreiecken (§ 175) . 294
Die Schachtlotungen (§ 176) 298
Die schwingenden Lote (§ 177) 300
Die Schmidtschen Lotteller (§ 178) 301
Das Veithsche Verfahren (§ 179) 302
Das Lotinstrument von Nagel (§ 180) 303
Die Magnetorientierung. Allgemeines (§ 181) 307
Die Deklinatorien (§ 182) 308
Das Ablesedeklinatorium mit Spiegel und Skala (§ 183) 309
Das selbstschreibende Deklinatorium (§ 184) 312
Die Instrumente zum Messen der Streichwinkel (§ 185) 313
Die Orientierungsbussole (§ 186) 314
Der Röhrenkompaß (§ 187) 315
Das aufsetzbare Spiegeldeklinatorium (§ 188) 315
Das Magnettheodolit von Breithaupt (§ 189) 317
Der Magnetkollimator (§§ 190 u. 191) 318
Das Messen eines Streichwinkels. Erstes Verfahren (§ 192). Zweites Verfahren (§ 193) . 325
Das Bezeichnen der Fernrohrrichtung (§ 194) 330
Der Winkelwert eines Skalenteiles im Kollimator (§ 195) 331
Die Aufstellung der Magnettheodoliten (§ 196) 331
Die Prüfung der Magnettheodoliten (§ 197) 332
Die Ausscheidung der Variationen. Allgemeines (§ 198) 334
Die Genauigkeit der Magnetorientierung (§ 199) 334
Die Entfernung des Deklinatoriums vom Orientierungsinstrument (§ 200) . . 335
Anderweitige Orientierungsmessungen (§ 201) 337

Elftes Kapitel.

Die Tachymetrie.

Allgemeines. Die Formeln für tachymetrische Längenmessungen (§ 202) . . 339
Das tachymetrische Höhenmessen (§ 203) 341
Genauigkeit tachymetrischer Höhenmessungen (§ 204) 342
Die Tachymeterarbeit (§ 205) 342
Die Anwendung der Tachymetrie in der Markscheidekunst. Allgemeines (§ 206) 344
Die Schichtenlinien (§ 207) 344
Die Berechnung und Zulage tachymetrischer Messungen (§ 208) 345
Aufgaben, die mit Schichtenlinien zu lösen sind. Bestimmen des Streichens nach drei Bohrlöchern, Reliefkarten, Kubizierungen von Halden und Teichen (§ 209) . 348

Zwölftes Kapitel.

Die Azimut- oder Meridianbestimmung.

Seite

Das Übertragen des Meridians (§ 210) 353
Der Gnomon (§ 211) . 353
Die Azimutbestimmung. Allgemeines (§ 212). Nach korrespondierenden Sternenhöhen (§ 213), nach dem Polarsterne (§ 214), nach einer Höhenbestimmung (§ 215) . 354

Dreizehntes Kapitel.

Anwendung eines kräftigen Magneten zur Ermittelung der Durchschlagsrichtung zweier Gegenörter.

Die dazu erforderlichen Instrumente (§ 216) 360
Das Verfahren (§ 217) . 361

Anhang.

Behandlung der Meßinstrumente 365

Sachregister . 367

Einleitung.

Die Markscheidekunst im engeren Sinne ist ein Teil der allgemeinen Vermessungskunde und beschäftigt sich mit der Ausmessung und rißlichen Darstellung der unterirdischen Grubenräume.

Da der Grubenbetrieb aber vielfach auf die Tagesoberfläche Rücksicht zu nehmen hat, so erstreckt sich die Markscheidekunst auch auf die Vermessung und Darstellung der Erdoberfläche über den unterirdischen Grubenräumen.

Der Name „Markscheider" kommt her von „Mark" = Grenze und „scheiden" = feststellen und bestimmen des Scheidenden, d. h. hier der scheidenden Grenze.

Die Grenzebene zweier aneinanderstoßenden Grubenfelder heißt „Markscheide". Diese über Tage durch Steine bezeichneten Grenzen auch in der Grube festzustellen, war in den Anfängen des Bergbaues bei den damals sehr kleinen Grubenfeldern eine wichtige und häufig vorkommende Arbeit des danach benannten Markscheiders.

Erstes Kapitel.

Vorbegriffe.

§ 1. Die Gestalt unseres Erdkörpers ist noch nicht genau ermittelt.

Denkt man sich die Meeresoberfläche durch das feste Land fortgesetzt, so wird man einen Körper erhalten, dessen Oberfläche der idealen oder mathematischen Erdoberfläche entspricht.

Dieser Körper heißt ein Geoid und seine Oberfläche eine geoidische Fläche.

Das Erdsphäroid, das Bessel 1841 aus den vorhanden Messungen ableitete, kommt dem Geoid am nächsten.

Dieses Erdsphäroid ist entstanden aus der Rotation einer halben Ellipse um die kleine Achse, und seine Abmessungen sind folgende:

die Äquatorhalbachse $a = 6\,377\,397{,}156$ m log 6,804 6435
die Rotationshalbachse $b = 6\,356\,078{,}963$ m log 6,803 1893
das Mittel $\frac{1}{2}(a + b) = 6\,366\,738{,}060$ m log 6,803 9170
" " $\frac{1}{3}(2a + b) = 6\,370\,291{,}092$ m log 6,804 1593

Für die meisten Zwecke der Markscheidekunst kann die Erde als eine Kugel von 6 370 000 m Radius (log 6,804 1394) angenommen werden.

Die wichtigste Linie jedes Ortes auf der Erde ist die Senkrechte, die Lotlinie, Vertikal- oder Seigerlinie. Diese Linie ist die Richtung der Schwerkraft, die an verschiedenen Stellen der Erde etwas beeinflußt wird durch die Zentrifugalkraft und durch Gebirge.

Am Nordrande des Harzes z. B. wird das Lot nach Süden, an dem Südrande nach Norden abgelenkt. Die höchste Ablenkung findet sich bei Ilsenburg und beträgt 13,5 Bogensekunden.

Die gekrümmte Fläche, die an allen Orten der Erde rechtwinkelig zur Lotlinie verläuft, ist eine geoidische Fläche und heißt der wirkliche oder natürliche Horizont.

Durch jeden Punkt der Erdoberfläche kann man sich einen wirklichen Horizont gelegt denken. Der Höhenunterschied zweier Punkte ist gleich dem senkrechten Abstand ihrer wirklichen Horizonte.

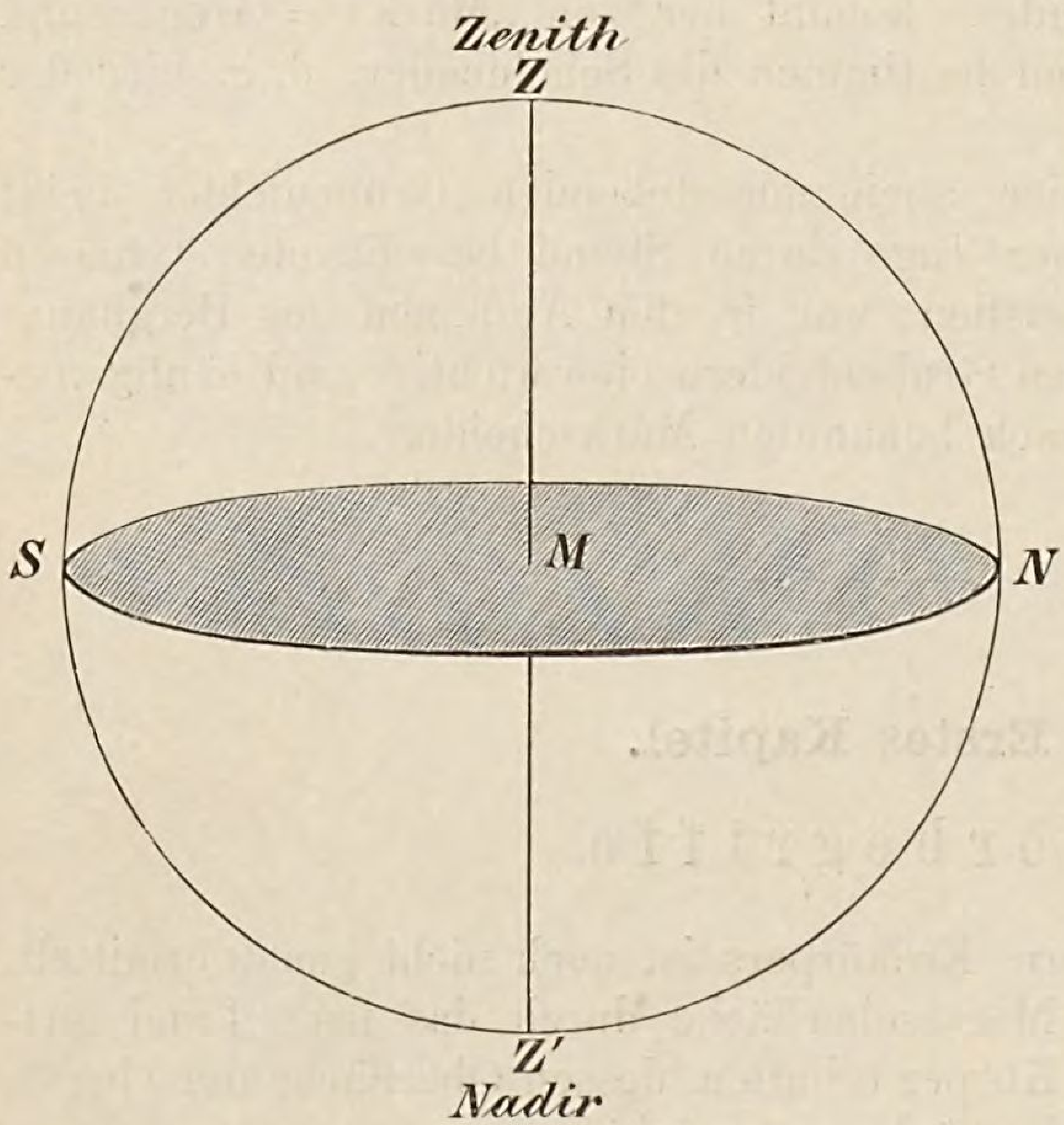


Fig. 1. Der Horizont.

Der Himmel erscheint uns wie eine ungeheure Hohlkugel, in deren Mitte sich die Erde befindet. Von der Himmelshohlkugel übersehen wir nur eine Hälfte auf einmal, und diejenige Ebene, welche die sichtbare Hälfte von der unsichtbaren scheidet, heißt der astronomische Horizont. Derselbe steht rechtwinkelig auf der Lotlinie des Beobachtungsortes und geht durch den Mittelpunkt der Erde.

Der scheinbare Horizont ist eine Parallelebene zum astronomischen Horizont durch den Standpunkt des Beobachters. Beide Horizonte haben den Abstand eines Erdhalbmessers. Den ungeheuren

Entfernungen der Himmelskörper gegenüber ist dieser Abstand aber so verschwindend klein, daß man bei den folgenden astronomischen Betrachtungen die beiden Ebenen als zusammenfallend annehmen kann.

In Fig. 1 sei *SZNZ'* das Himmelsgewölbe und *M* der Standpunkt auf der als Punkt erscheinenden Erde. Die schraffierte Ebene ist der Horizont.

Verlängert man ein in *M* auf dem Horizonte errichtetes Perpendikel nach beiden Seiten, so wird das Himmelsgewölbe in *Z* und *Z'* getroffen.

Den Punkt *Z* nennen wir den Scheitelpunkt oder das Zenith und den Punkt *Z'* den Fußpunkt oder das Nadir.

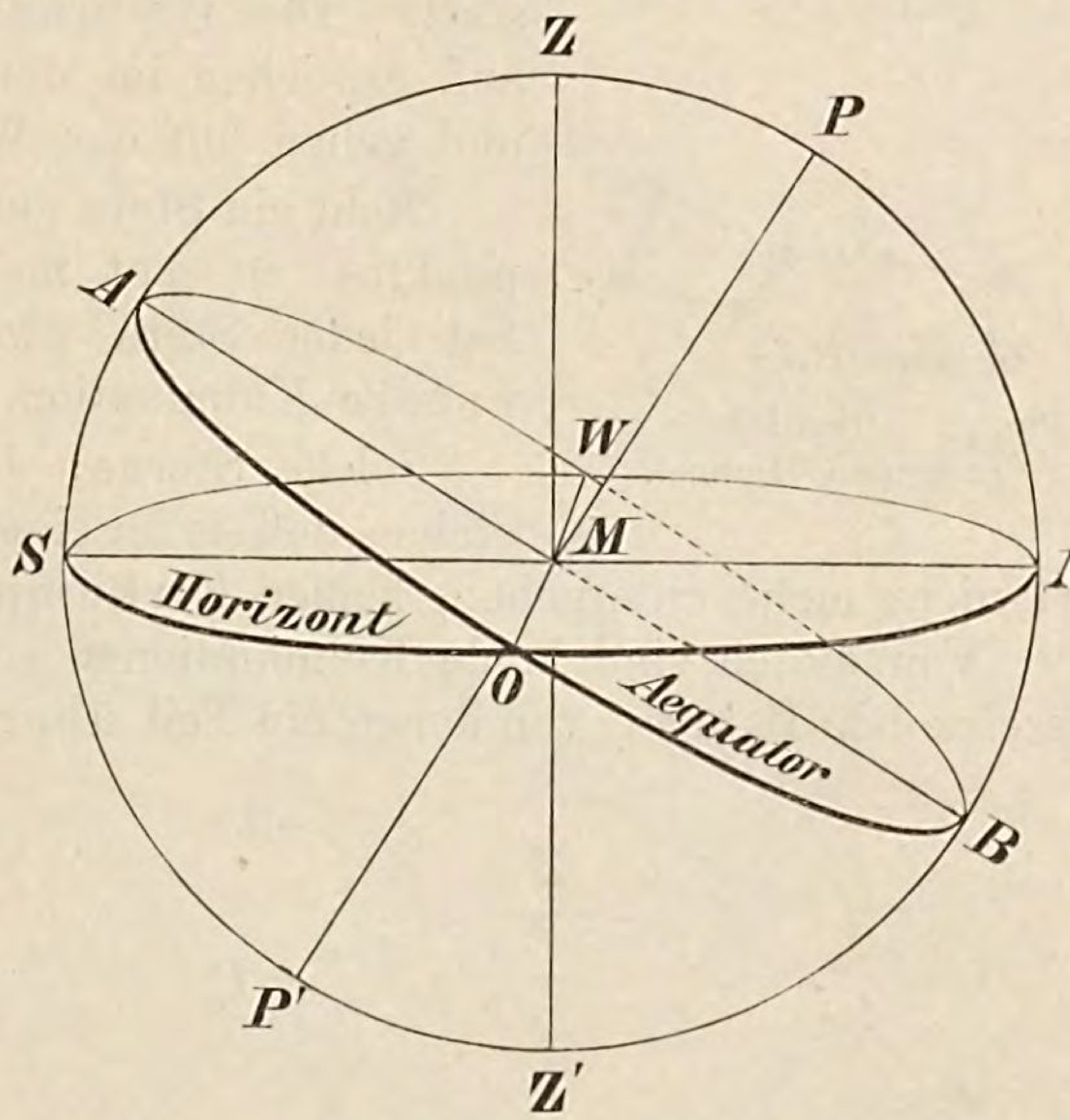


Fig. 2. Die Weltachse.

Die Sterne, mit Ausnahme der wenigen Planeten und Kometen, haben zwar eine unveränderliche Stellung gegeneinander, scheinen sich aber sämtlich in Parallelkreisen um eine feste Achse zu drehen, die den Namen Weltachse führt.

Die Punkte *P* und *P'* (Fig. 2), in denen die Weltachse das Himmelsgewölbe trifft, sind die Pole des Himmels. *P* der Nordpol, *P'* der Südpol.

Die Weltachse macht mit dem Horizont je nach dem Standpunkt des Beobachters auf der Erde einen verschiedenen Winkel.

Am Äquator ist dieser Winkel gleich Null und wächst nach den Polen zu.

Der Winkel heißt die Polhöhe des Ortes.

Eine rechtwinkelig auf die Weltachse im Erdmittelpunkte *M* gelegte Ebene *AOWB* ist der Himmelsäquator, mit welchem Namen nicht bloß die Ebene, sondern die Kreislinie bezeichnet wird, in welcher die Äquatorebene das Himmelsgewölbe schneidet. Der Äquator teilt die Himmelskugel in eine nördliche und eine südliche Hemisphäre.

Denkt man sich durch den Nordpol, durch das Zenith und den Standpunkt *M* eine Ebene gelegt, so ist dies die Meridianebene. Die Linie *SMN*, in welcher diese Ebene den Horizont schneidet, ist die Meridianlinie und der größte Kreis *PNBP'SA* der Meridiankreis.

Durch jeden Standpunkt auf der Erde kann man sich eine Meridianebene gelegt denken. Alle diese Meridianebenen schneiden sich in der Erd- und Weltachse.

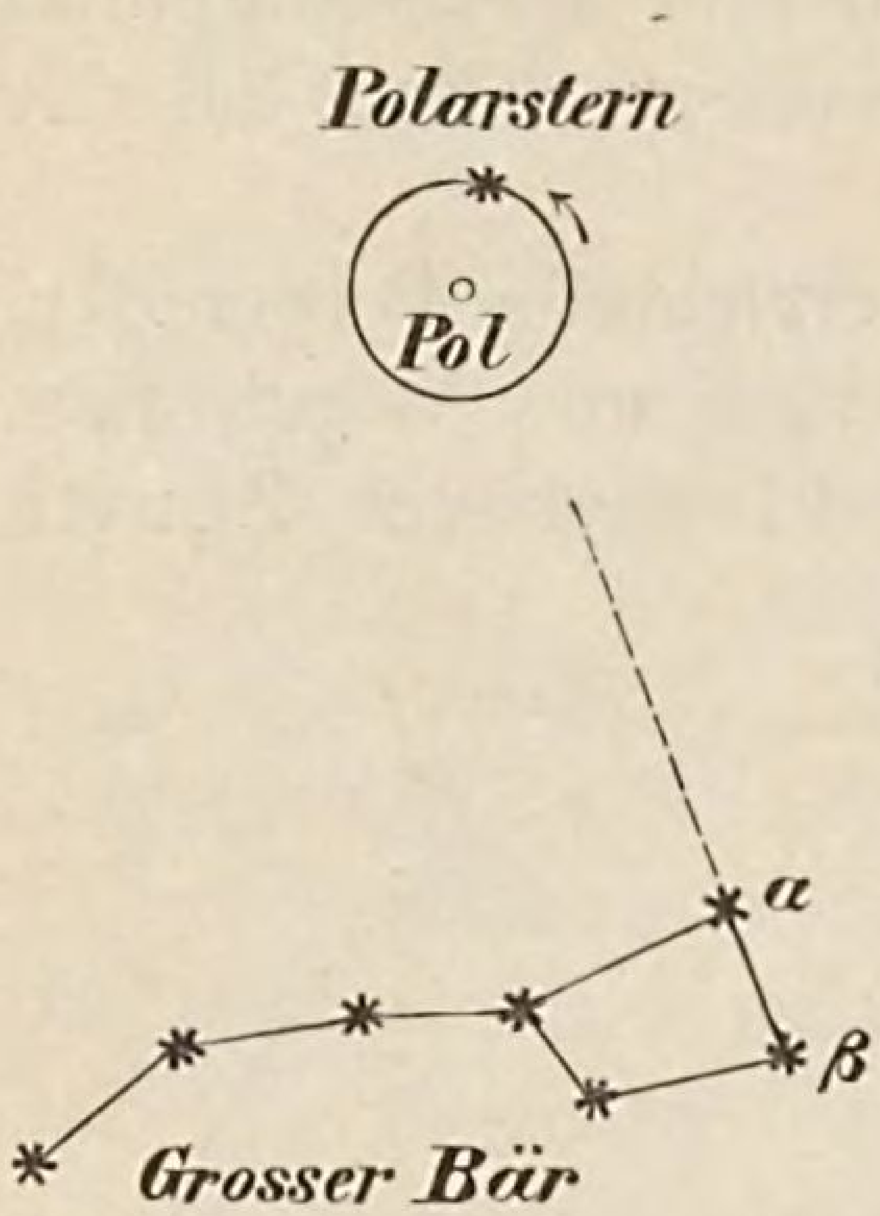


Fig. 3. Orientierung am gestirnten Himmel.

Der Meridian oder die Mittagslinie trifft das Himmelsgewölbe in N, dem Nord- und in S, dem Südpunkte. O und W sind der Ost- und Westpunkt des Himmels.

Die scheinbare Drehung der Himmelskugel findet in der Richtung von Osten nach Westen statt. Die Gestirne steigen von der Ostseite auf, erreichen im Meridian ihre höchste Stellung und gehen auf der Westseite wieder nieder.

Steht ein Stern gerade im Meridian des Standpunktes, so sagt man, er kulminiert und zwar hat jeder Stern zwei: eine obere und eine untere Kulmination.

Solche Sterne, die so nahe bei dem Pole stehen, daß sie für einen bestimmten Beobachtungsort nicht mehr untergehen, heißen Zirkumpolarsterne.

Von diesen sind beide Kulminationen sichtbar, die übrigen Sterne beschreiben Bahnen, von denen ein Teil über, ein Teil unter dem Horizonte liegt.

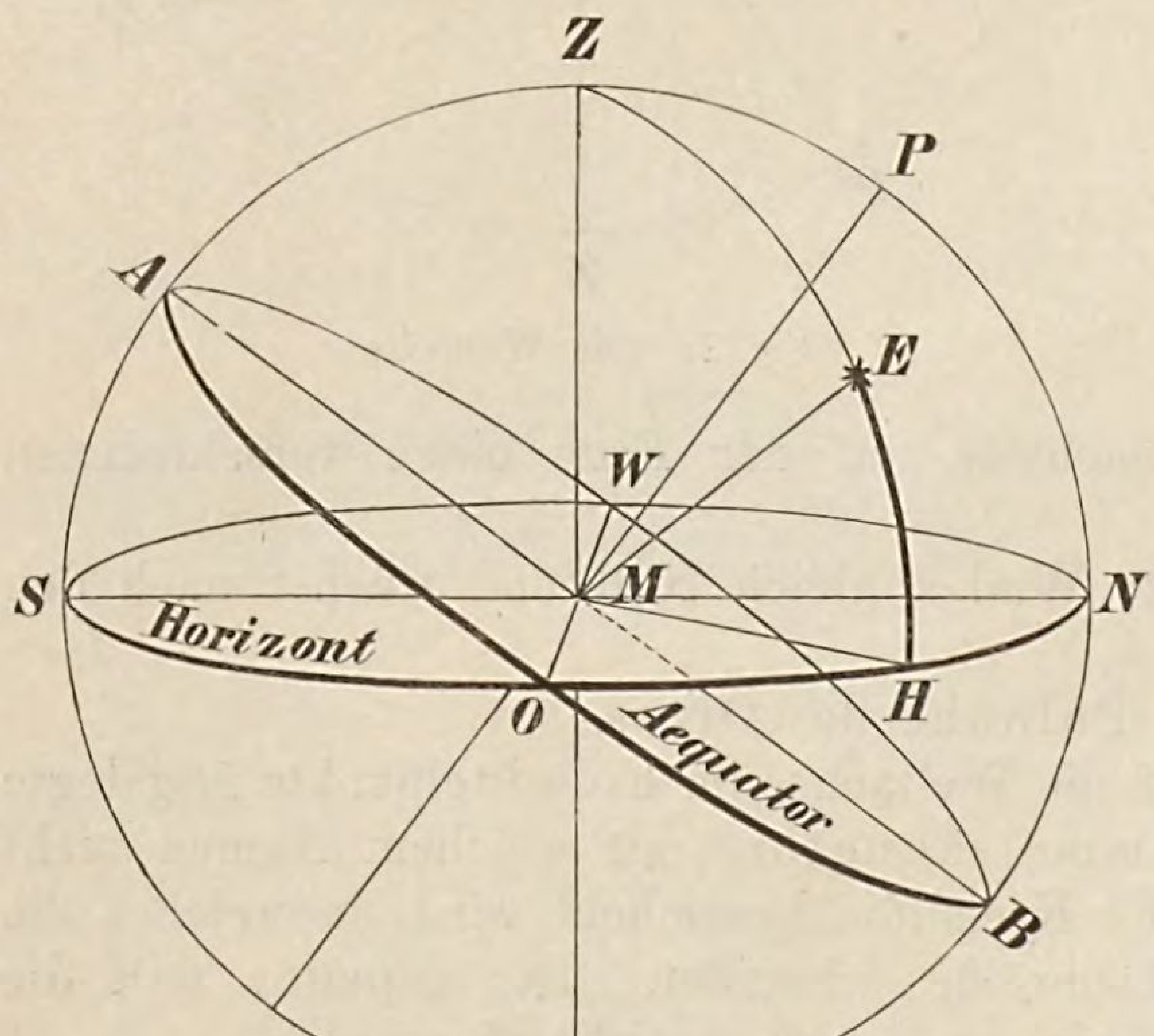


Fig. 4. Höhe und Azimut.

Der erstere heißt der Tagebogen, der andere der Nachtbogen.

Für die Sterne, welche auf dem Himmelsäquator liegen, ist der Tagebogen dem Nachtbogen gleich, für die nördlich vom Äquator stehenden Sterne ist in unseren Breiten der Tagebogen und für die südlich vom Äquator stehenden der Nachtbogen der größte.

§ 2. Um sich am gestirnten Himmel zu orientieren, geht man gewöhnlich vom Sternbilde des großen Bären aus (Fig. 3). Verlängert man nämlich die Verbindungslinie der Sterne α und β um das $5^1/_2$fache, so trifft sie nahezu den ersten

Stern im Schwanze des kleinen Bären, welcher jetzt der nächste helle Stern in der Nähe des Nordpoles ist. Er heißt der Polarstern.

Um die Stellung eines Gestirnes am Himmel mit mathematischer Genauigkeit anzugeben, bedarf man eines passend gewählten Koordinatensystems aus größten Kreisen der Himmelskugel.

Zwei Systeme sind vorwiegend im Gebrauch.

I. Höhe und Azimut. — Denkt man sich in Fig. 4, in welcher die bisherigen Bezeichnungen beibehalten worden sind, durch *M*, *Z* und den Stern *E* eine Ebene gelegt, so entsteht ein größter Kreis, welcher rechtwinkelig auf dem Horizonte steht und Höhen- oder Vertikalkreis genannt wird.

Der Bogen *EH* heißt die Höhe des Sternes, der Bogen *EZ* die Zenithdistanz des Sternes.

Höhe und Zenithdistanz ergänzen sich zu 90 Grad.

Der Bogen *NH* vom Nordpunkte des Horizontes bis zum Punkte *H*, wo der Höhenkreis des Sternes *E* den Horizont trifft, heißt das Azimut des Sternes.

Anm. Die Astronomen zählen das Azimut vom Südpunkte aus über West. In der Vermessungskunde zählt man die Azimute von Nord über Ost, Süd und West bis 360 Grad.

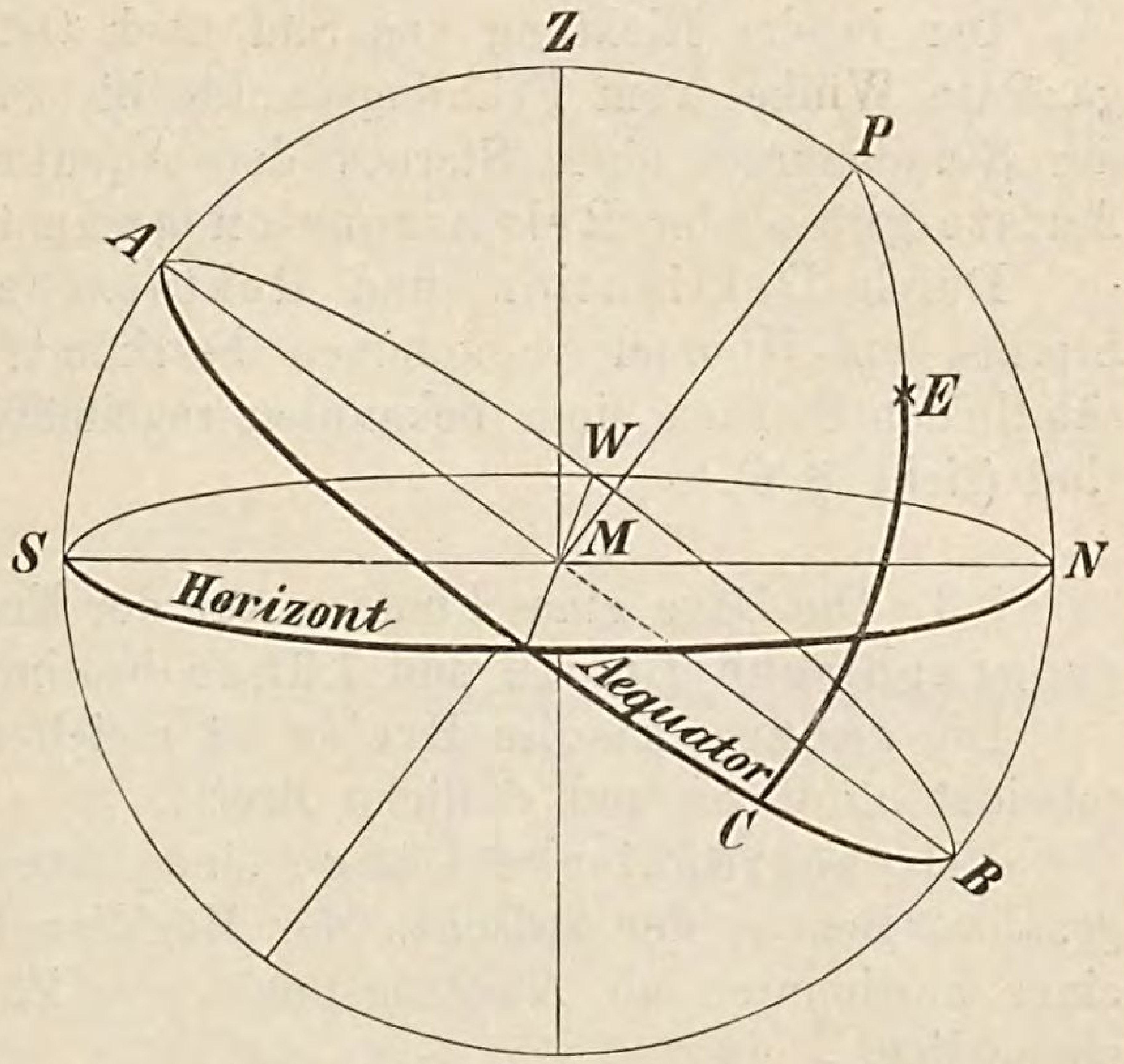


Fig. 5. Deklination, Rektaszension und Stundenwinkel.

Durch Höhe und Azimut eines Sternes ist die Stellung desselben aber nur für einen Zeitmoment gegeben, da infolge der scheinbaren täglichen Bewegung des Himmelsgewölbes sich sowohl die Höhe als auch das Azimut eines Gestirnes jeden Augenblick ändert.

II. Deklination, Rektaszension und Stundenwinkel. — Alle durch die Weltachse gelegten größten Kreise heißen Deklinations- oder Stundenkreise und stehen senkrecht auf dem Äquator.

Legt man durch den Stern *E* (Fig. 5) einen solchen Kreis, so nennt man den Bogen *EC* die Deklination oder Abweichung des Sternes.

Die Deklination ist eine nördliche oder südliche, je nachdem der Stern auf der nördlichen oder südlichen Hemisphäre liegt.

Der Bogen *PE* heißt die Poldistanz des Sternes *E*.

Poldistanz und Deklination ergänzen sich zu 90 Grad.

Der sphärische Winkel *EPN*, welchen der Deklinationskreis mit dem Meridian macht, wird der Stundenwinkel des Sternes *E* genannt.

Der Stundenwinkel wird durch den Bogen *BC* auf dem Äquator gemessen und giebt in Zeitmaß verwandelt an, wie viel Zeit seit der letzten Kulmination des Sternes *E* verflossen ist (15 Grad = 1 Stunde).

Durch Deklination und Stundenwinkel ist die Lage eines Gestirnes am Himmel auch nur für einen Moment bestimmt, da zwar die Deklination eine konstante Größe ist, der Stundenwinkel sich aber fortwährend ändert.

Zur Vermeidung dieses Übelstandes hat man zum Anfangspunkt der Zählung auf dem Äquator einen bestimmten Punkt, den Frühlingspunkt, gewählt.

In diesem Punkte, der übrigens durch keinen Stern bezeichnet ist, schneidet die Sonnenbahn im März den Äquator.

Der in der Richtung von Süd nach Ost u. s. w. auf dem Äquator gezählte Winkel vom Frühlingspunkte bis zu dem Punkte, in welchem der Stundenkreis eines Sternes den Äquator trifft, wird die gerade Aufsteigung oder Rektaszension genannt.

Durch Deklination und Rektaszension ist die Stelle eines Sternes am Himmel vollkommen bestimmt, wenn dieselben auch bei sämtlichen Sternen einer bekannten regelmäßigen Änderung unterworfen sind (siehe § 6).

§ 3. Die Lage eines Punktes auf der Erdoberfläche wird durch die geographische Breite und Länge bestimmt.

Die geographische Breite ist gleich der Polhöhe. Man unterscheidet nördliche und südliche Breite.

Die geographische Länge eines Ortes ist der auf dem Äquator gezählte Bogen, der zwischen der Meridianebene des Ortes und irgend einer bestimmten als Ausgangspunkt der Zählung gewählten Meridianebene liegt.

Man zählt entweder von diesem Meridiane in einer Richtung bis 360 Grad oder nach beiden Seiten bis 180 Grad und unterscheidet dann östliche und westliche Länge.

Der Ausgangspunkt der Längenzählung ist bei den verschiedenen Nationen ein anderer. Die wichtigsten sind: der Meridian durch die Insel Ferro, durch die Pariser Sternwarte und der durch die Sternwarte von Greenwich bei London.

Der Meridian von Ferro liegt genau 20°, der von Greenwich 2° 20′ 2″ westlich von der Pariser Sternwarte.

Der Meridian von Greenwich wird wahrscheinlich als internationaler Anfangsmeridian eingeführt werden.

§ 4. **Bestimmung der geographischen Breite und Länge eines Ortes.**

Durch den Standpunkt *C* auf dem Erdsphäroid sei eine Tangentialebene *CK* gelegt. Errichtet man auf derselben das Perpendikel *CD*, so ist dies die Lotlinie, welche den Äquator nicht im Erdmittelpunkte,

sondern im Punkte F schneidet. Der Winkel CFA ist die geographische Breite $= \alpha$ (Fig. 6).

Richtet man im Standpunkte C ein mit einem Höhenkreis versehenes Fernrohr auf den Himmelspol, so wird die Fernrohrachse wegen der unendlichen Entfernung des Poles mit der Erdachse parallel laufen und man erhält den Winkel ECK, der gleich der Polhöhe ist. Dieser Winkel ist aber, da die Schenkel beider rechtwinkelig zu einander sind, gleich dem Winkel α, der geographischen Breite.

Verbindet man C mit dem Mittelpunkte der Erde M, so nennt man die Linie CM den geozentrischen Radius und den Winkel CMA die geozentrische Breite. Der Winkel AMJ, dessen Konstruktion aus Fig. 6 zu ersehen ist, heißt die reduzierte Breite.

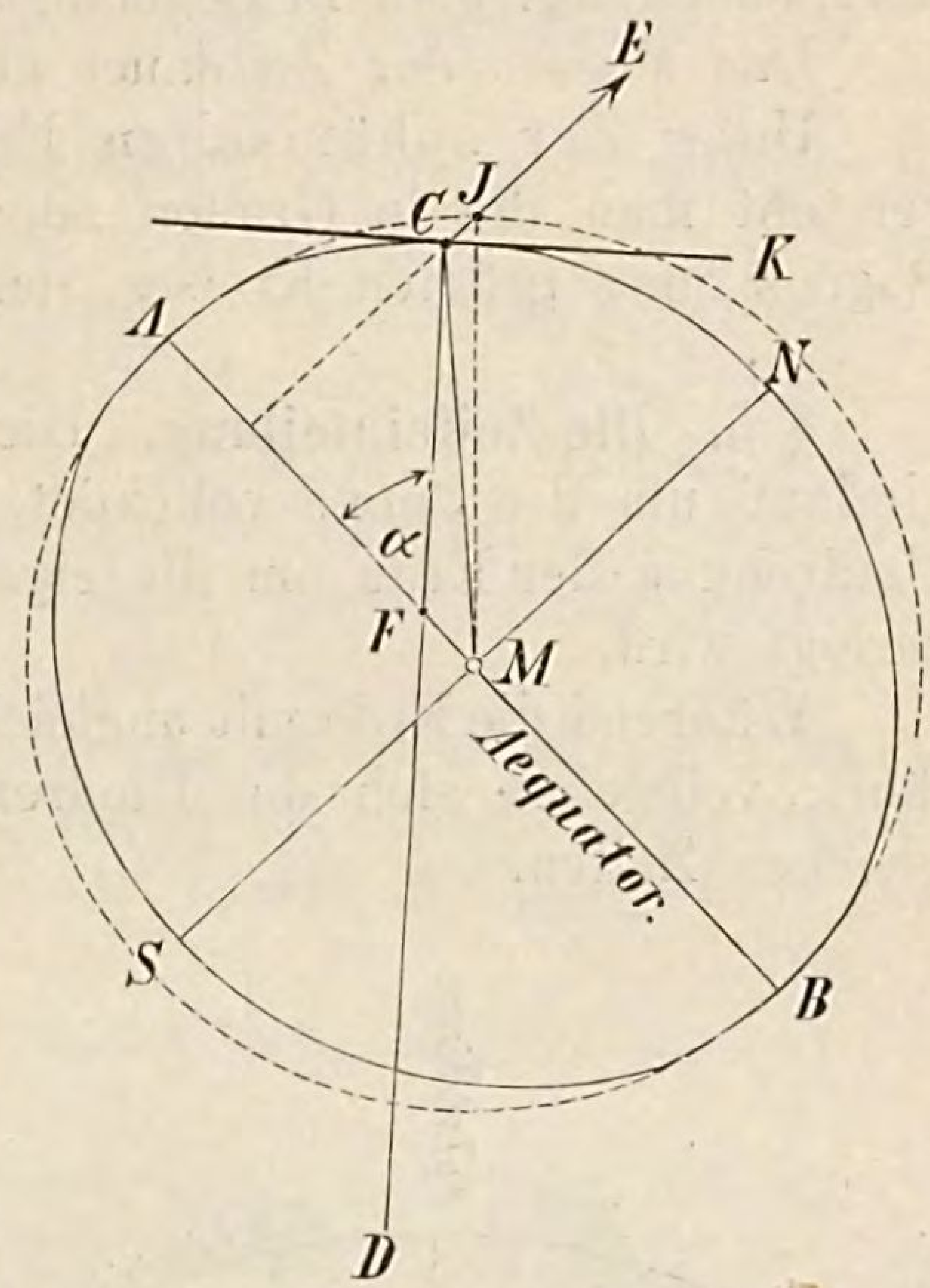


Fig. 6. Gestalt der Erde und die Bestimmung der geographischen Breite.

Aus dem geozentrischen Radius CM und der geozentrischen Breite berechnet sich der Radius der Parallelkreise. Für die Berechnung der elliptischen Meridianbogen auf der Erdoberfläche sind ferner die Krümmungsradien zu berechnen. So nennt man den Radius desjenigen Kreises, der in bestimmten Punkten des elliptischen Bogens diesem am nächsten kommt.

Hierüber siehe Gauss, Trigonom. und polygonom. Rechnungen. Zweiter Teil. Seite 33, sowie die dortigen Tafeln der Erddimensionen.

Die Polhöhe kann man nicht unmittelbar messen, da der Himmelspol nicht durch einen Stern bezeichnet ist.

Man hilft sich dadurch, daß man einen Zirkumpolarstern in seiner oberen und seiner unteren Kulmination S und S' anzielt und aus beiden Höhenwinkeln SMN und $S'MN$ das Mittel nimmt. Fig. 7.

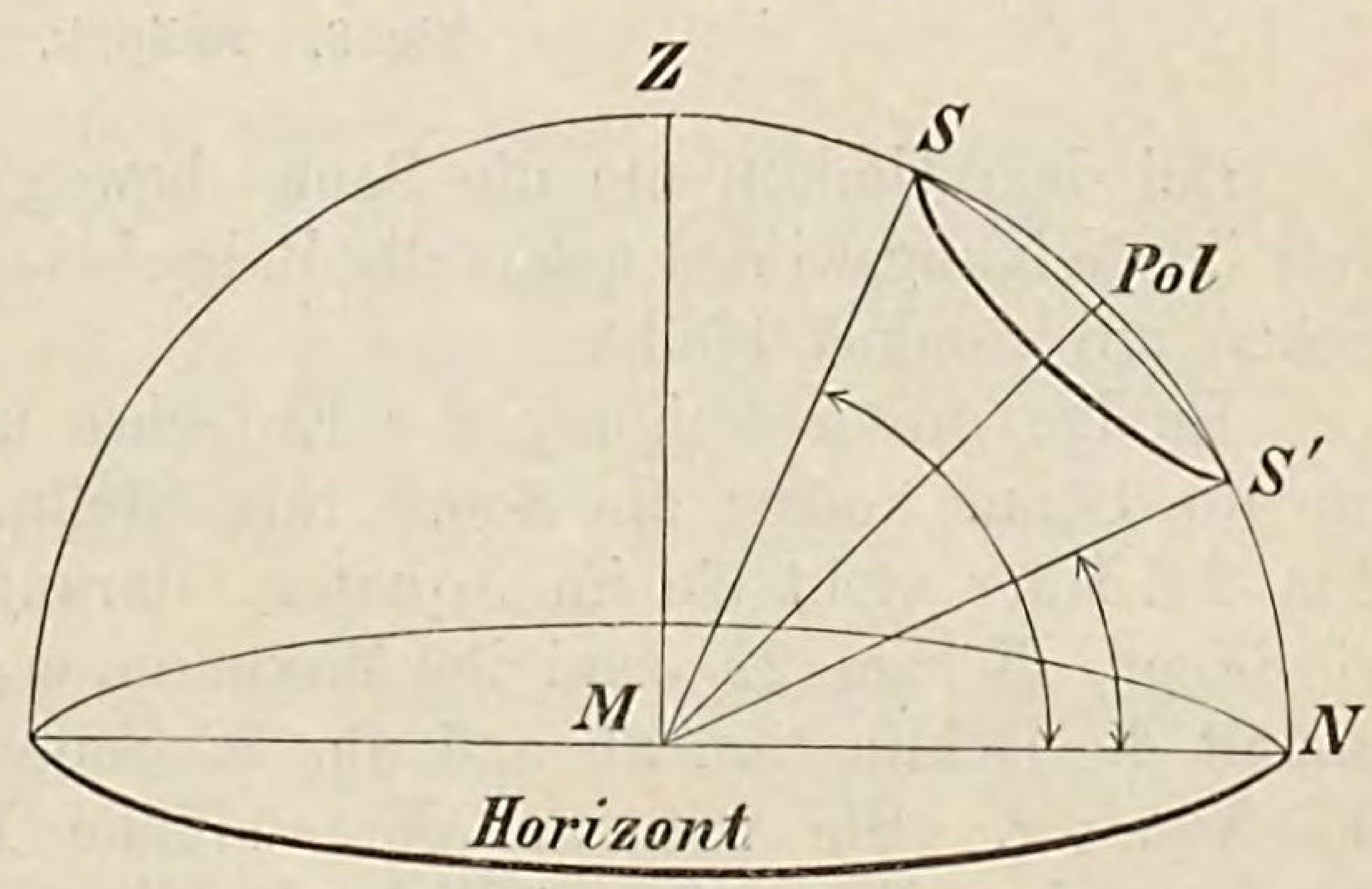


Fig. 7. Bestimmung der Polhöhe.

Die unmittelbar abgelesenen Höhenwinkel müssen wegen der Refraktion der Lichtstrahlen noch eine Verbesserung erhalten.

Die Bestimmung der geographischen Länge erfolgt durch Bestimmung der Zeitdauer, um welche die Kulmination eines und desselben Sternes an dem einen Orte später eintritt, als am anderen. Diesen Zeitunterschied hat man in Bogenmaß zu verwandeln (1 Stunde = 15 Grad). Das Messen der Zeitdauer geschieht durch gute Uhren.

Unter der sphärischen Entfernung zweier Orte auf der Erde versteht man die in Graden oder Längenmaß ausgedrückte Länge des Bogens eines größten Kreises, der zwischen diesen Punkten liegt.

§ 5. **Die Zeiteinteilung.** Die Zeit, in welcher die Erde einmal den Umlauf um die Sonne vollendet, nennen wir ein Jahr, das infolge der Umdrehung der Erde um die eigene Achse in einzelne Abschnitte (Tage) zerlegt wird.

Während die Erde mit ungleichförmiger Geschwindigkeit um die Sonne läuft, vollziehen sich die Umdrehungen um die eigene Achse stets in gleichen Zeiten.

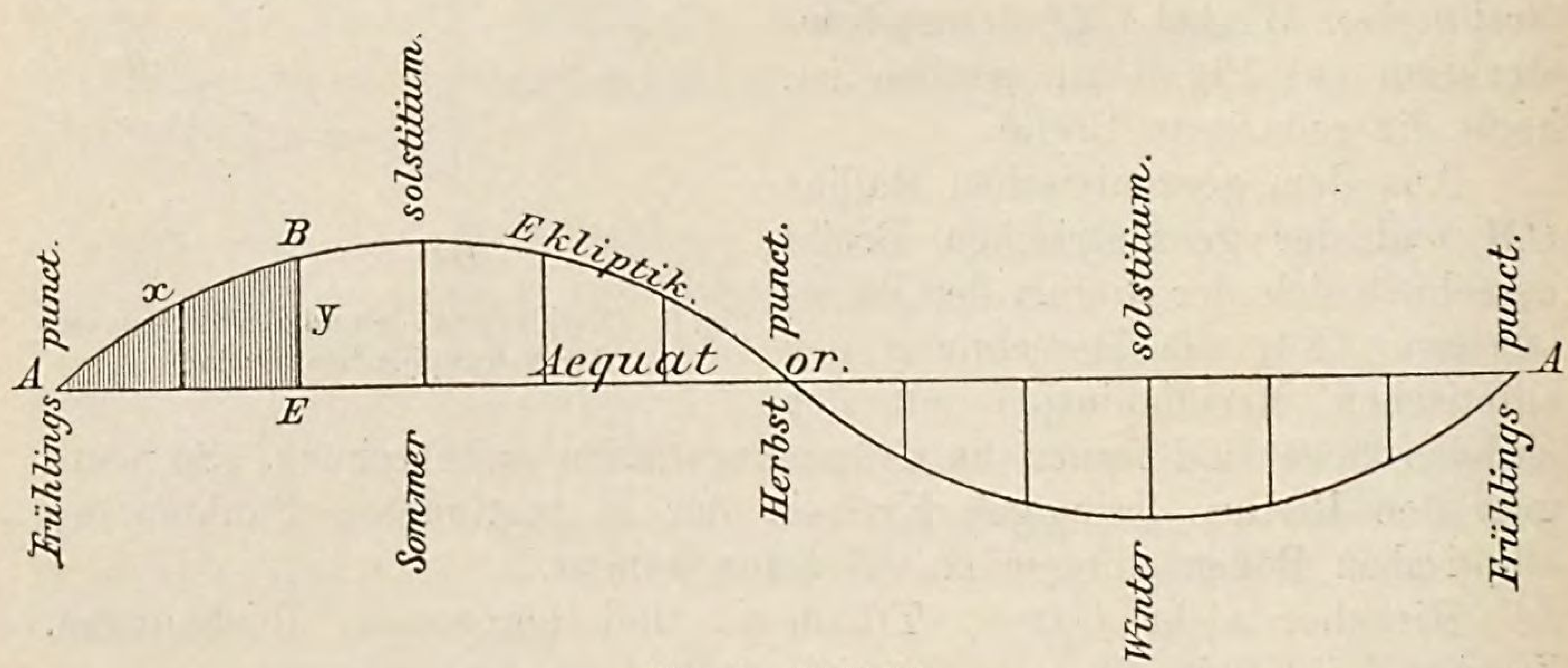


Fig. 8. Ekliptik.

Bei dem Umlauf um die Sonne bewegt sich die Erdachse derartig, daß ihr Neigungswinkel gegen die Bahnebene von rund 66° 32′ im wesentlichen unverändert bleibt.

Infolge dieser Neigung der Erdachse und der Bewegung der Erde um die Sonne ändert die Sonne ihre Stellung fortwährend am Himmel. Am 21. März steht sie im Äquator, darauf wird ihre Deklination eine nördliche, die am 22. Juni ihr Maximum erreicht. Im weiteren Verlaufe nimmt die Deklination ab und am 22. September steht die Sonne wieder im Äquator. Sie tritt auf die südliche Himmelshälfte, erreicht am 22. Dezember die größte südliche Deklination und nähert sich von nun an wieder dem Äquator.

Alle diese Punkte liegen in einem größten Kreise, die Ekliptik genannt, deren Ebene mit der Äquatorebene einen Winkel von 23° 28′ macht. Dieser Winkel heißt die Schiefe der Ekliptik.

Die Punkte, in welchen die Sonne ihre größte Deklination erreicht, heißen die Punkte der Sonnenwende oder Solstitialpunkte (Sommersolstitium und Wintersolstitium). Die Punkte, in welchen die Sonne den Äquator durchschneidet, heißen Äquinoktialpunkte (Frühlings- und Herbstäquinoktium).

Denkt man sich den Äquator mit der Ekliptik von der Kugel abgewickelt und auf eine Ebene projiziert, so entsteht Fig. 8.

Die Ekliptik kann zur Ortsbestimmung auf der Himmelskugel ebenso dienen wie der Himmelsäquator. Legt man durch einen Stern und durch den Pol der Ekliptik einen größten Kreis, so heißt das Bogenstück zwischen dem Sterne und der Ekliptik die Breite, und die Länge des Sternes heißt der Bogen der Ekliptik zwischen dem Frühlingspunkte und dem durch den Stern gelegten größten Kreis.

In dem schraffierten sphärischen Dreiecke der Fig. 8 ABE ist $AB(x)$ gleich der Länge der Sonne, $BE(y)$ gleich der dieser Länge entsprechenden Deklination der Sonne und der Winkel A ist gleich der Schiefe der Ekliptik.

Aus der Gleichung $\sin y = \sin x \sin A$ lassen sich die Deklinationen der Sonne für jede Länge berechnen.

Die Astronomen rechnen nach Sternentagen. So nennen sie den Zeitraum, innerhalb welches die Sterne einen scheinbaren Umlauf vollenden.

Die Anzahl der Sternentage im Jahre ist um einen Tag größer, als die Anzahl der Sonnentage, weil infolge der Bewegung der Erde auf der Ekliptik die Sonne innerhalb eines Jahres einmal in einer der Sternbewegung entgegengesetzten Richtung um den Himmel gegangen ist.

Im bürgerlichen Leben läßt sich demnach nicht nach Sternentagen rechnen, vielmehr muß sich alle Zeiteinteilung nach der Sonne richten.

Die Sonnentage haben aber nicht gleiche Dauer, weil die Änderung in der Rektaszension der Sonne von einem Tage zum anderen nicht gleich bleibt.

Zur Hervorbringung dieser ungleichmäßigen Rektaszensionsveränderung wirken zwei Ursachen:

1. Die Ekliptik liegt nicht mit dem Himmelsäquator parallel.

Auch bei gleichförmiger Geschwindigkeit der Sonne würde demselben Wegstücke nicht an allen Punkten der Ekliptik eine gleiche Änderung der Rektaszension entsprechen.

Während zur Zeit der Sonnenwende, wo die Ekliptik fast mit dem Äquator parallel läuft (siehe Fig. 8) und ein von der Sonne durchlaufenes Wegstück der Änderung in der Rektaszension fast gleich ist, wird diese Änderung viel geringer sein zur Zeit der Äquinoktien, wo die Sonnenbahn einen Winkel von $23^0 28'$ mit dem Äquator bildet.

2. Die Sonne bewegt sich in der Ekliptik nicht mit gleichförmiger Geschwindigkeit, sie schreitet zur Zeit unseres Winters schneller fort, als während des Sommers. Vom 21. März bis zum 22. September sind 186 Tage, vom 22. September bis 21. März nur 179 Tage.

Da nun Uhren, die genau die unregelmäßige Dauer der Sonnentage richtig angeben, nicht herstellbar sind, so hat man sich so geholfen, daß man einen mittleren Sonnentag von stets gleichbleibender Länge eingeführt hat. Denkt man sich die Dauer eines gewöhnlichen Jahres von 365 Tagen in 365 vollkommen gleiche Teile geteilt, so ist ein solcher Teil der mittlere Sonnentag. (Bürgerliche Zeit.) Die wahren Sonnentage sind nun bald etwas länger, bald etwas kürzer als der mittlere, der wahre Mittag ist also bald etwas vor dem mittleren voraus, bald bleibt er gegen denselben zurück. Im Februar fällt der wahre Mittag der Orte auf demselben Meridiane rund 15 Minuten nach und im November 16 Minuten vor dem mittleren (bürgerlichen) Mittag.

Der Zeitunterschied zwischen dem mittleren und wahren Mittag wird die **Zeitgleichung** genannt.

Die Orte auf einem Meridian der Erde haben gleiche Zeit (Ortszeit).

Die Ortszeit verschiedener Meridiane ist verschieden. Bei Ortsveränderungen in östlicher Richtung wird die mitgenommene Uhr die Ortszeit des verlassenen Meridians zeigen, also nachgehen, dagegen bei einer westlichen Ortsveränderung vorgehen.

Den Unterschied der Ortszeiten berechnet man aus dem Längenunterschied der beiden Orte (15 Grade = 1 Stunde).

Viele Staaten haben, um die häufige Umrechnung der Zeiten abzuschaffen, entweder für den ganzen Staat oder für Teile desselben Einheitszeiten eingeführt, in denen die Zeit eines bestimmten Meridians maßgebend ist. Für Deutschland gilt die mitteleuropäische Zeit d. h. die Zeit des Meridians 15 Grad östlich von Greenwich.

Eine Zeitbestimmung ist nichts weiter, als den Stand und Gang der Uhr durch astronomische Beobachtungen auf seine Richtigkeit zu prüfen.

Den Stand der Uhr kann man am leichtesten durch Beobachtung der Sonnenkulminationen prüfen. Man beobachtet, um welche Zeit die Sonne kulminiert und sieht in einer Tabelle nach, ob der Stand der Uhr zur Zeit der Kulmination mit der Zeitgleichung des Tages übereinstimmt.

Z. B. die Sonne kulminierte am 24. Juni . . .	$11^h 59' 30''$
sie sollte nach richtiger Zeit kulminieren . . .	$12^h 1' 52''$
die Uhr geht also nach	$0^h 2' 22''$

Die Beobachtung der Sonnenkulmination geschieht in Sternwarten mittels des Passagerohres. Der Markscheider kann sich mit einem

Gnomon begnügen, der in der südlichen Wand einer Dunkelkammer angebracht ist. Auf dem Boden der Kammer ist in einer Vertikalebene der Gnomonöffnung ein Draht in der Richtung des örtlichen Meridians ausgespannt. Der durch den Gnomon fallende Sonnenstrahl zeichnet auf dem Boden ein kleines Sonnenbildchen, das gleichzeitig mit der Sonne den Meridian überschreitet. (Vergl. Zwölftes Kapitel.)

Den Gang der Uhr prüft man durch Beobachtung von Sternverschwindungen.

Man richtet ein Fernrohr des Nachts auf die senkrechte Mauerkante eines hohen Gebäudes, eines Blitzableiters oder dergl. und zugleich auf einen hellen Stern, der bald hinter der Mauer verschwinden wird. In dieser Stellung befestigt man das Rohr und merkt genau die Zeit, wann der Stern hinter der Mauer verschwand. Am nächsten Abend wiederholt man die Beobachtung mit dem unverrückt stehen gebliebenen Fernrohre und es müssen zwischen den beiden Verschwindungen $23^h\,56'\,4{,}09''$ (die Zeitdauer eines Sternentages nach bürgerlicher Zeit) verflossen sein.

Steht eine Mauer nicht zur Verfügung, so bringt man vor das Fadenkreuz des Fernrohres einen scharfkantigen Gegenstand annähernd senkrecht an, hinter dem die Sterne verschwinden (Verf. benutzte das Stück einer Nähnadel).

§ 6. **Präzession und Nutation.** — Bis jetzt haben wir den Himmelspol als einen festen unverrückbaren Punkt angenommen, was er in der That nicht ist.

In Fig. 9 sei *FH* die Ekliptik, *E* der Pol derselben und *AB* der Äquator mit seinem Pol *P*. Während nun die Schiefe der Ekliptik im wesentlichen unverändert bleibt, bewegt sich die Erdachse derartig, daß der Pol *P* einen Kreis *Pvsr* um den Pol *E* der Ekliptik als Mittelpunkt und die Achse selbst einen Kegelmantel beschreibt.

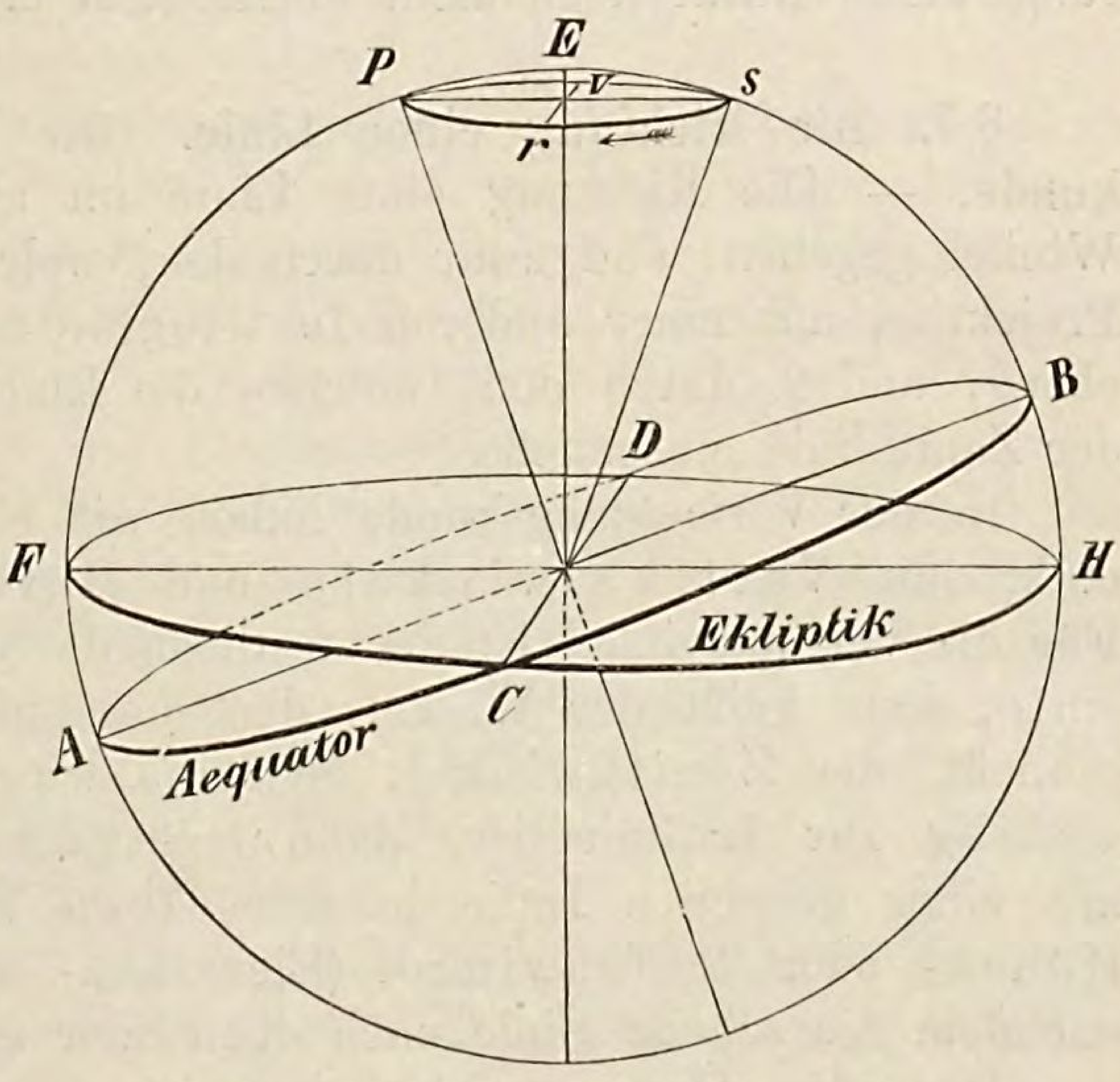


Fig. 9. Präzession des Frühlingspunktes.

Durch diese Bewegung der Erdachse wird die Lage der Schnittlinie *CD* der Ekliptik und des Äquators fortwährend verändert und der Frühlingspunkt schreitet dadurch auf der Ekliptik vor (jährlich 50″).

Man nennt dieses Vorschreiten die Präzession des Frühlingspunktes. Der Pol P durchläuft in einem Zeitraume von ca. 26 000 Jahren einmal einen Vollkreis.

Auf die Größen der Rektaszension und der Deklination wirkt die Präzession regelmäßig ändernd ein.

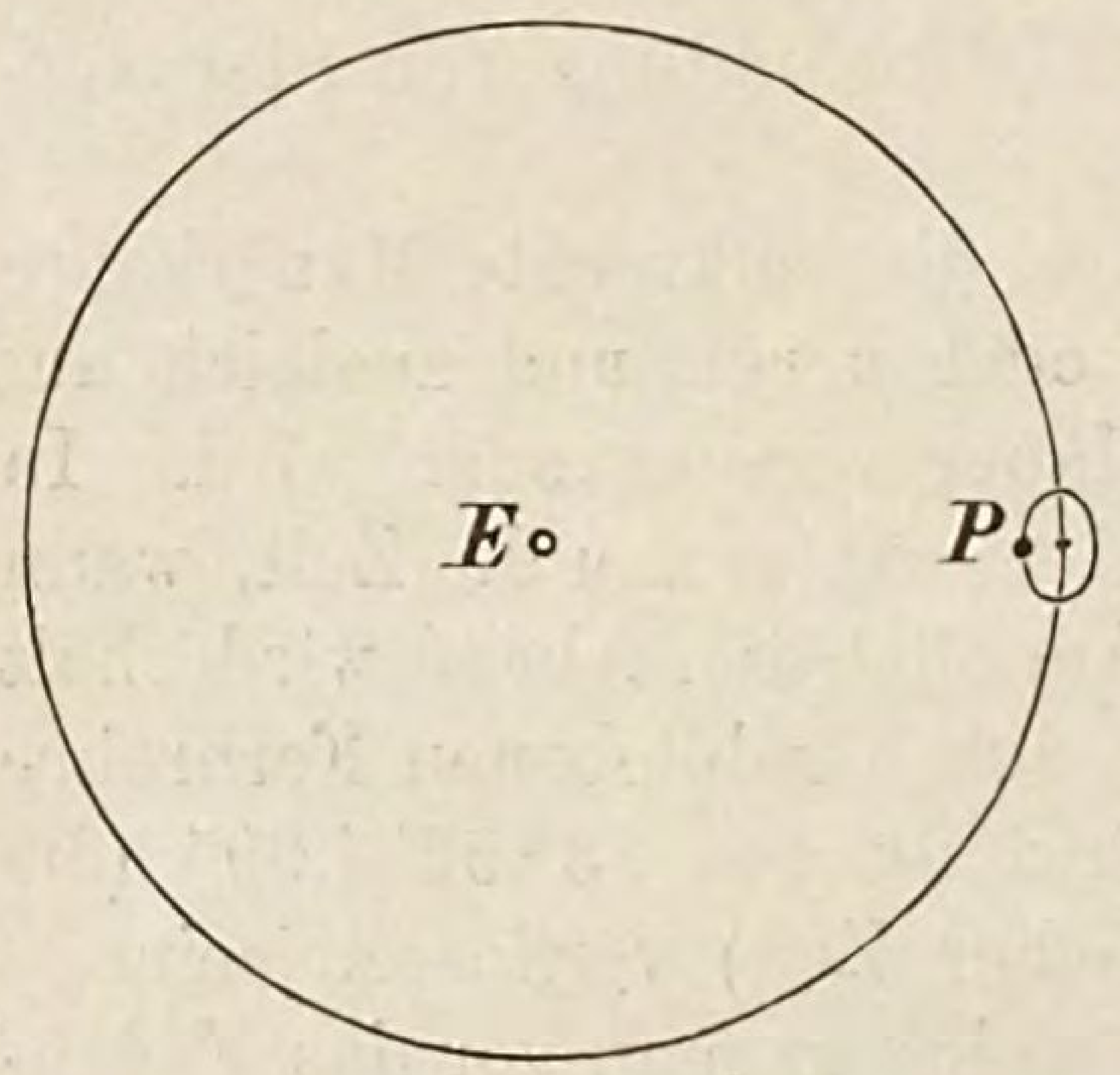


Fig. 10. Nutation der Erdachse.

Die Nutation. Der Verlauf der Präzession ist nicht ganz gleichmäßig, da der Pol sich nicht in einem mathematischen Kreise, sondern in einer wellenförmigen Kurve bewegt.

Man erklärt sich die Art der Bewegung dadurch, daß man annimmt, der Pol bewege sich auf einer kleinen Ellipse, deren Mittelpunkt sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit um den Pol E im Kreise dreht (Fig. 10). Die große Achse dieser kleinen Ellipse beträgt 9,6″ und die kleine 8″. Mit dieser Bewegung ist eine geringe wiederkehrende Veränderung in der Neigung der Erdachse verbunden; man nennt diesen Vorgang deshalb Nutation der Erdachse.

Die Neigung der Erdachse unterliegt noch einer säkularen Veränderung, deren Natur noch nicht hinreichend ergründet ist.

§ 7. Die Richtung einer Linie. Die Winkel der Vermessungskunde. — Die Richtung einer Linie im allgemeinen ist durch zwei Winkel gegeben, und zwar durch den, welchen diese Linie bezw. ihre Projektion mit einer anderen festliegenden Linie in der Horizontalebene, und 2. durch den, welchen die Linie in der Vertikalebene mit der Zenithlinie einschließt.

In der Vermessungskunde haben wir es nur mit diesen Winkeln, d. h. mit Vertikalwinkeln und Horizontalwinkeln zu thun. Für die Vertikalwinkel ist der festliegende Schenkel entweder die Lotlinie, dann heißt der Winkel, den diese mit einer schiefen Linie einschließt, der Zenithwinkel, oder die wagerechte Linie, die rechtwinkelig zur Lotlinie ist, dann heißt der Winkel, den diese Linie mit einer geneigten Linie in derselben Vertikalebene einschließt, Höhen- oder Tiefenwinkel (Elevations- oder Depressionswinkel), je nachdem die schiefe Linie nach oben oder nach unten gerichtet ist.

Für die Horizontalwinkel ist der festliegende Schenkel der Meridian, und der Horizontalwinkel, den der Meridian mit der Projektion einer schiefen Linie einschließt, heißt der Azimutalwinkel oder kurz das Azimut. Der Azimutalwinkel zählt von Nord über Ost, Süd und West bis 360 Grad.

Durch Zenith- und Azimutalwinkel ist die Richtung einer Linie ein für allemal bestimmt.

Der Azimutalwinkel ein und derselben Linie ist um $\pm$ 180 Grad $\pm$ der Meridiankonvergenz der beiden Endpunkte verschieden, je nachdem man die Richtung der Linie von dem einen oder anderen Endpunkte aus auffaßt. (Vergl. § 208.)

Anm. Die Bestimmung eines Azimutalwinkels, die sogenannte *Meridianbestimmung*, wird im zwölften Kapitel besprochen werden.

Die Winkelmeßinstrumente mit Ausnahme der Spiegelinstrumente sind so eingerichtet, daß sie sofort den Horizontalwinkel ergeben, den die Horizontalprojektionen zweier Schenkel einschließen.

Man spricht vom *linken* und *rechten* Schenkel eines Horizontalwinkels und zwar denkt man sich im Scheitelpunkte stehend, während das Auge in den Winkelraum blickt (Fig. 11).

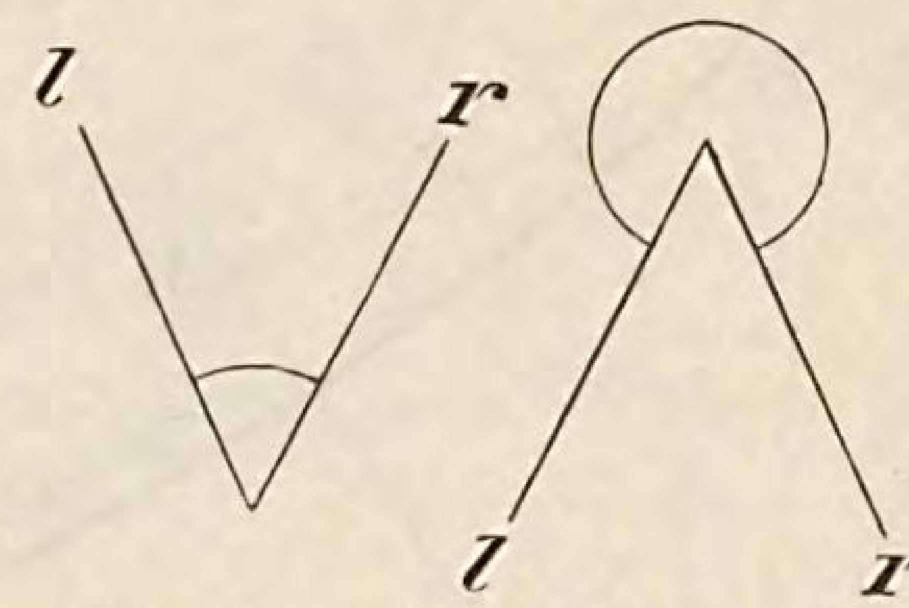


Fig. 11. Bezeichnung der Winkelschenkel.

Die Größe der Winkel wird durch Grade und ihre Unterabteilungen bezeichnet, von denen 360 bezw. 400 auf einen Kreisumfang gehen. Hier wird nur die Einteilung in 360 Grade berücksichtigt werden.

Die Grade eines Winkels werden vom linken zum rechten Schenkel gezählt, also in dem Sinne, wie der Zeiger der Uhr sich bewegt. Diese Dreh- oder Zählrichtung heißt die *rechtsinnige*, die entgegengesetzte die *widersinnige*.

Die Richtung, in der eine Messung ausgeführt wird, heißt die *Vermessungsrichtung*, und sie ist für eine Anzahl wichtiger Bezeichnungen maßgebend, z. B. für *rechts* und *links*, für *rückwärts* und *vorwärts*, für *Steigen* und *Fallen*, für *Polygon-* oder *Ergänzungswinkel*, für die *Größe* der *Azimutal-* und *Streichwinkel*, sowie für die *Neigungswinkel* gegen die Abszissenachse.

Man spricht auch von einer *Berechnungsrichtung*. Dies ist die Richtung, in der Nivellements oder Koordinaten von Polygonpunkten berechnet werden. Sie kann mit der Vermessungsrichtung übereinstimmen oder ihr gerade entgegengesetzt sein.

§ 8. **Die Meridiankonvergenz.** — Die Meridiane aller Orte auf dem Aquator laufen parallel mit der Erdachse.

Die Meridiane von verschiedenen Orten auf gleichen Parallelkreisen konvergieren in dem Sinne, daß sie alle die Weltachse und zwar in einem Punkte schneiden.

Aus dem Längenunterschiede der beiden Orte, in Sekunden ausgedrückt $= l''$, und der geographischen Breite φ läßt sich bei nicht zu großen Entfernungen der Konvergenzwinkel nach der Formel $C'' = l'' \sin\varphi$ berechnen.

Ist der Längenunterschied L in Metern gegeben, so erhält man den Konvergenzwinkel in Sekunden aus der Formel $C'' = \frac{L}{r} \operatorname{tg} \varphi \,.\, 206265$.

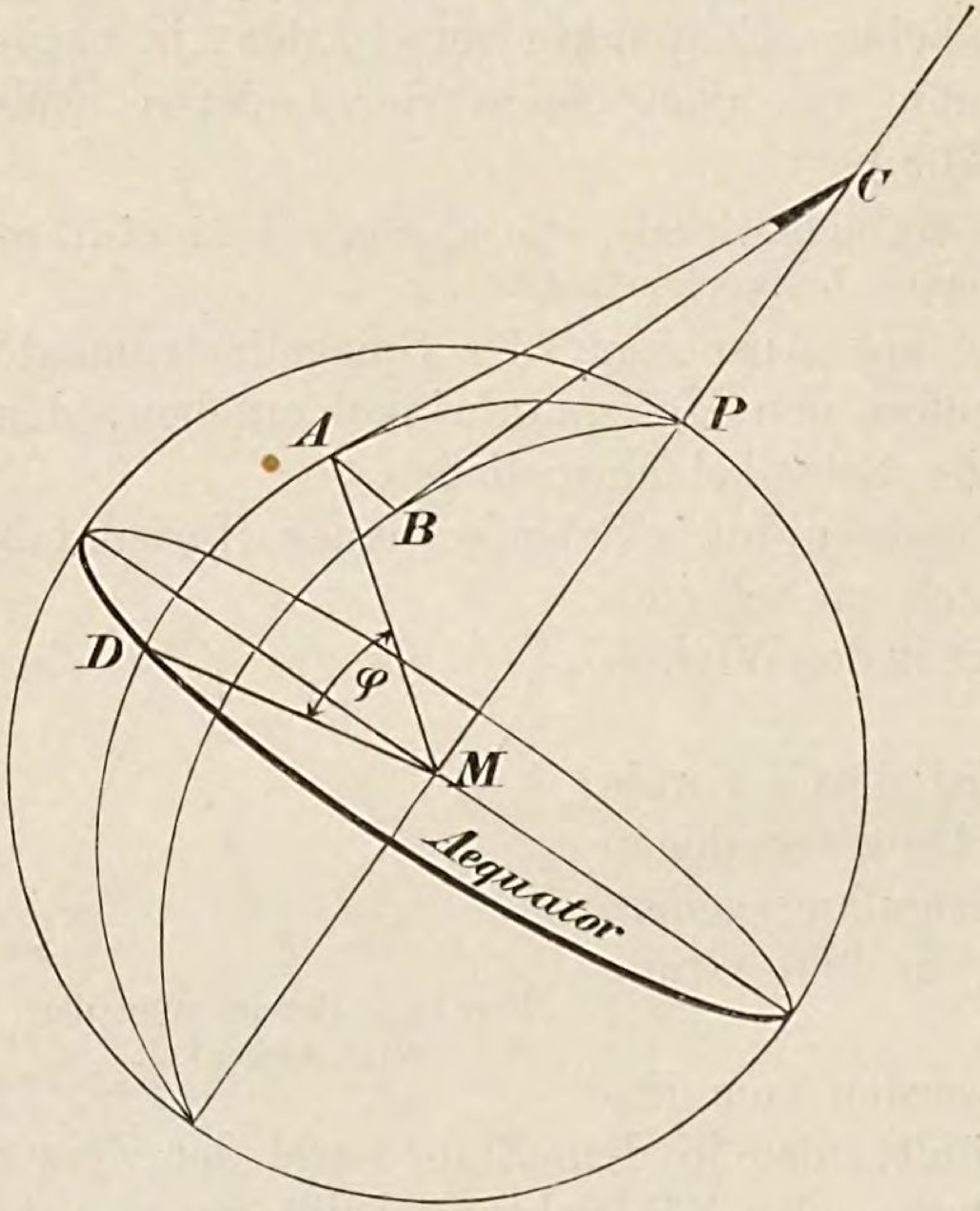


Fig. 12. Meridiankonvergenz.

In Fig. 12 sind A und B die beiden Orte, deren Meridiankonvergenz bestimmt werden soll, $AB = L$, $AM =$ Erdradius r, $\sphericalangle AMD$ die geographische Breite φ und C der Punkt auf der Weltachse, in welchem die Meridianlinien A und B sich treffen.

Nimmt man das Dreieck ABC bei A rechtwinkelig an, so ist $\operatorname{tg} C = \frac{L}{AC}$ und da $AC = \frac{r}{\operatorname{tg} \varphi}$ $= \frac{L}{r} \operatorname{tg} \varphi$. C ist ein kleiner Winkel, man kann daher setzen $C'' = \frac{L}{r} \operatorname{tg} \varphi \; 206265$.

In der geographischen Breite Klausthals von $51^0 48' 30''$ beträgt die Meridiankonvergenz zweier Orte, deren Längenunterschied 1000 Meter oder 52,202 Bogensekunden groß ist, $= 41{,}15$ Sekunden.

Liegen die beiden Punkte nicht auf demselben Parallelkreise, so ist der rechtwinkelige Abstand des einen Punktes vom Meridiane des anderen Punktes zu ermitteln. Vergl. § 208.

§ 9. **Die Magnetnadel.** — Ein unentbehrliches Hilfsmittel bei den markscheiderischen Arbeiten ist die Magnetnadel.

Eine frei auf einem Stifte schwingende Magnetnadel stellt sich stets in eine bestimmte Richtung ein, die im wesentlichen von Süd nach Nord läuft.

Diese Linie nennt man die Magnetlinie oder den magnetischen Meridian.

Die Lage der Magnetlinie ist an verschiedenen Orten der Erde verschieden, sie fällt entweder mit dem astronomischen Meridian zusammen oder sie weicht nach Osten bezw. Westen ab.

Den Winkel, um welchen die Magnetlinie vom astronomischen Meridian abweicht, nennt man die magnetische Deklination. (Mißweisung der Seeleute.)

Die Deklination wird auf der nördlichen Halbkugel vom Meridian

und zwar vom Nordende aus gezählt und man unterscheidet östliche und westliche Deklination.

Der Deklinationswinkel ist veränderlich.

In Klausthal (51° 48′ 15″ n. Br. 27° 59′ 31″ ö. L. F.) ist er (1892) 12° groß und nimmt zur Zeit jährlich 6—7 Minuten ab. Wenn der weitere Verlauf den bis zum Jahre 1652 zurückreichenden Beobachtungen in Klausthal entspricht, so wird die Magnetnadel in der Mitte des nächsten Jahrhunderts mit dem astronomischen Meridian zusammenfallen. Die Deklination wird später eine östliche werden, in dieser Richtung ein Maximum erreichen, dann wieder umkehren bis zu einem westlichen Maximum und das Spiel von neuem beginnen.

Die Zeit zwischen einem östlichen und einem westlichen Maximum ist noch nicht genau festgestellt. Man darf sie vorläufig auf 260 Jahre annehmen.

Außer dieser säkularen erleidet die Deklination auch noch eine tägliche Änderung, welche Variation genannt wird. (Fig. 13.)

Die Variation ist der Einwirkung der Sonne zuzuschreiben. In

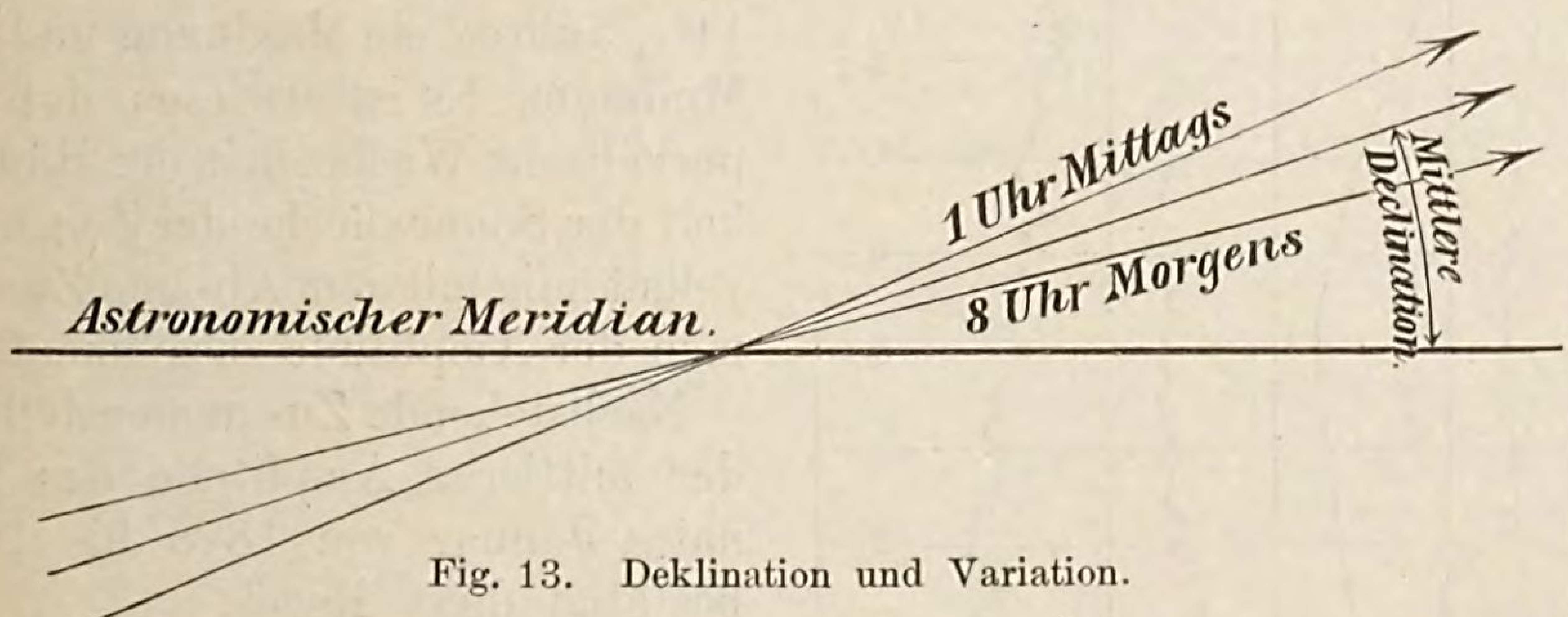


Fig. 13. Deklination und Variation.

unserer Gegend ist der Verlauf der Variation folgender. Ungefähr um 8 Uhr morgens (im Sommer etwas früher, im Winter etwas später) zeigt die Magnetnadel den größten östlichen Stand, also die kleinste Deklination, kurz nach 1 Uhr die größte. Dann nimmt die Deklination wieder ab bis etwa 10 Uhr abends, bleibt bis 4 Uhr morgens nahezu unverändert und kehrt schließlich zu ihrem Minimum gegen 8 Uhr morgens zurück. Die vom Klausthaler selbstschreibenden Deklinatorium gelieferten Variationskurven vom 6. Juli und 13. November 1892 zeigen einen regelmäßigen Verlauf und sind in Fig. 14 im verkleinerten Maßstabe wiedergegeben.

Der Winkel zwischen den beiden Grenzstellungen des Morgens und Mittags heißt die Amplitude.

Die Größe der Amplitude ist einer zweifachen Änderung unterworfen.

Einmal wechselt die Größe der Variation mit den Jahreszeiten.

Sie ist in den Wintermonaten am kleinsten und in den Sommermonaten am größten. Vom Januar bis April nimmt die Variation rasch

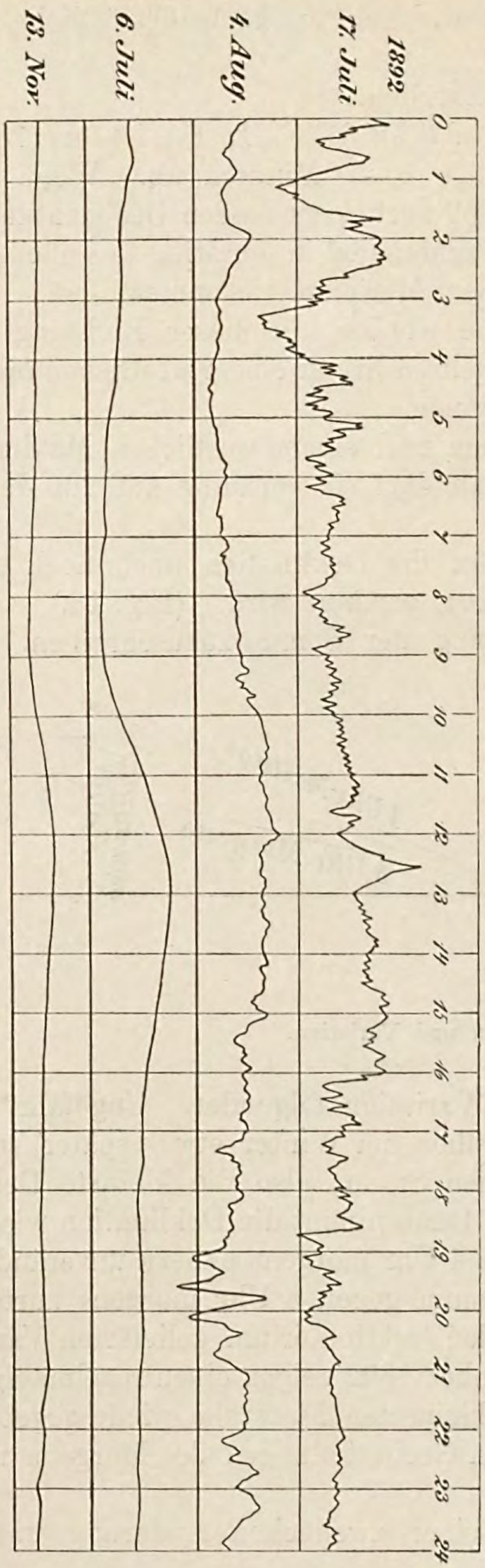


Fig. 14. Variationskurven des Klausthaler selbstschreibenden magnetischen Deklinatoriums.

zu und erreicht im April ihr Maximum, wird während der Sommermonate etwas kleiner und kehrt im Herbste wieder schneller zum Minimum zurück. Die nachstehenden Mittel der Amplituden aus den Jahren 1874—1882 bestätigen diese Regel:

Jan.	Febr.	März	April
3′ 38″	5′ 29″	8′ 30″	10′ 29″
Mai	Juni	Juli	Aug.
9′ 32″	10′ 25″	9′ 47″	10′ 3″
Sept.	Oktober	Nov.	Dez.
9′ 40″	8′ —″	4′ 51″	3′ 54″

Ferner durchläuft die Amplitude als Ganzes in Zeitabschnitten von $11^1/_4$ Jahren ein Maximum und ein Minimum. Es ist erwiesen, daß das periodische Wechseln in der Häufigkeit der Sonnenflecke der Zeit nach vollständig mit dem Ab- und Zunehmen der Amplitude zusammenfällt.

Nachstehende Zusammenstellung der mittleren Amplitude des Monates Januar von 1878 bis 1889 bestätigt diese Regel:

1878	1879	1880	1881
2′ 38″	3′ 12″	3′ 28″	4′ 20″
1882	1883	1884	1885
4′ 31″	5′ 4′	6′ 2″	5′ 15″
1886	1887	1888	1889
4′ 17″	4′ 9″	4′ 10″	1′ 38″

Die Variationen wachsen mit der geographischen Breite. Der Verlauf der Variationen auf einer Linie, welche die Orte von gleichgroßer Deklination verbindet (Isogone) ist bis ins einzelne derselbe, nur die Intensität nimmt vom Äquator nach den Polen zu. (Vergl. Fig. 340.)

Auf der südlichen Erdhemisphäre bewegt sich das Nordende in gerade entgegengesetzter Richtung, wie auf der Nordhemisphäre. Am

Äquator nimmt die Nadel während unseres Sommers an der täglichen Bewegung in der nördlichen Halbkugel teil, während unseres Winters, wo die südliche Halbkugel Sommer hat, an der täglichen Oszillation dieser Erdhälfte. Der Übergang findet um die Zeit der Äquinoktien statt, wo die Nadel unregelmäßig oszilliert.

. Durch gleichzeitige Beobachtungen über und unter Tage (Klausthal und Pribram) ist bewiesen, daß auch in den größten vom Bergbau erreichten Teufen die Variation in gleicher Weise wie über Tage verläuft.

Anm. Wer die Abweichung der Nadel vom astronomischen Meridian zuerst wahrgenommen, ist unbekannt. Der Sohn des Columbus, Ferdinand, behauptet in der Lebensbeschreibung seines Vaters (Venedig 1571), daß dieser 1492 die Abweichung erkannt habe. Jedenfalls muß man zur Zeit der Herausgabe dieses Buches (1571) die Deklination gekannt haben.

Die Variation der magnetischen Deklination ist zuerst beobachtet 1722 von dem Instrumentenmacher Graham in London. (Gehlers physic. Wörterbuch 1825).

Außer den genannten mehr regelmäßigen Änderungen ist der Gang der Magnetnadel noch plötzlichen Störungen von mehr oder weniger Bedeutung unterworfen und zwar treten dieselben, wie die in neuerer Zeit eingeführten selbstschreibenden Deklinatorien darthun, sehr häufig auf. Man darf sagen, daß selten ein Tag ohne eine solche Störung verläuft.

Die Störungen sind auf der ganzen Erde gleichzeitig bemerkbar, nur nimmt ihre Intensität wie auch die der Variationen vom Äquator nach den Polen zu.

Die Ursachen der Störungen sind bis jetzt noch nicht ermittelt. Bekannt ist nur, daß die Erscheinung des Nordlichtes damit im Zusammenhange steht. Atmosphärische Gewitter haben keinen Einfluß. Fig. 14 zeigt die verkleinerte Kopie einer Kurve während des Nordlichtes am 17. Juli 1892. Daneben ist auch die mäßig gestörte Kurve vom 4. August 1892 wiedergegeben.

Die Intensitätszunahme der Änderungen in der Magnetrichtung vom Äquator nach den Polen, beweist, daß die Richtkraft der Nadel am Äquator am stärksten ist und nach den Polen zu stetig abnimmt.

Die Deklination ist nicht an allen Orten der Erde gleich. Verbindet man auf einer Karte diejenigen Punkte der Erdoberfläche miteinander, welche eine gleiche Deklination haben, durch Kurven (Isogonen) so entsteht eine Deklinationskarte.

Eine solche Deklinationskarte giebt Fig. 15 im verkleinerten Maßstabe wieder. Die Deklinationen der Orte auf den einzelnen Kurven unterscheiden sich um einen Grad von Osten nach Westen zunehmend, wie durch die Bezifferung der Kurven von einer mit Null bezeichneten ausgehend angedeutet wird.

Diese Kurven sind für die Gegenwart nicht mehr als vollständig gültig anzusehen, aber im wesentlichen ist für Deutschland das Verhältnis dasselbe geblieben. Nach Westen nimmt die Deklination zu, nach Osten ab.

Diese Zu- und Abnahme ist aber nicht regelmäßig, wie auch der Verlauf dieser Isogonen auf Karten in sehr großem Maßstabe sich wahrscheinlich nicht so einfach gestalten würde, wie ihn das kleine Kärtchen zeigt.

Anderseits hat die Zu- und Abnahme der Deklination innerhalb der Entfernungen, welche Messungen mit der Bussole und mit dem Kompaß erreichen, keinen merklichen Einfluß auf die Paralletität der Magnetnadel.

Annähernde Zahlen erhält man durch folgende Betrachtung.

Wären die Richtungen der Magnetnadeln parallel, so müßten in unseren Breiten die Deklinationsänderungen für 1 Kilometer Längenunterschied ebensoviel betragen, wie die Meridiankonvergenz auf 1 Kilometer Längenunterschied, nämlich 41 Sekunden. Nun beträgt aber nach den Gauss'schen Karten die Deklinationsänderung auf 1 Kilometer bei uns nur 23 Sekunden. Hiernach konvergieren die Magnetnadelrichtungen auf 1 Kilometer Längenunterschied 41 — 23 = 18 Bogensekunden oder auf eine Meile 2 Minuten 15 Sekunden.

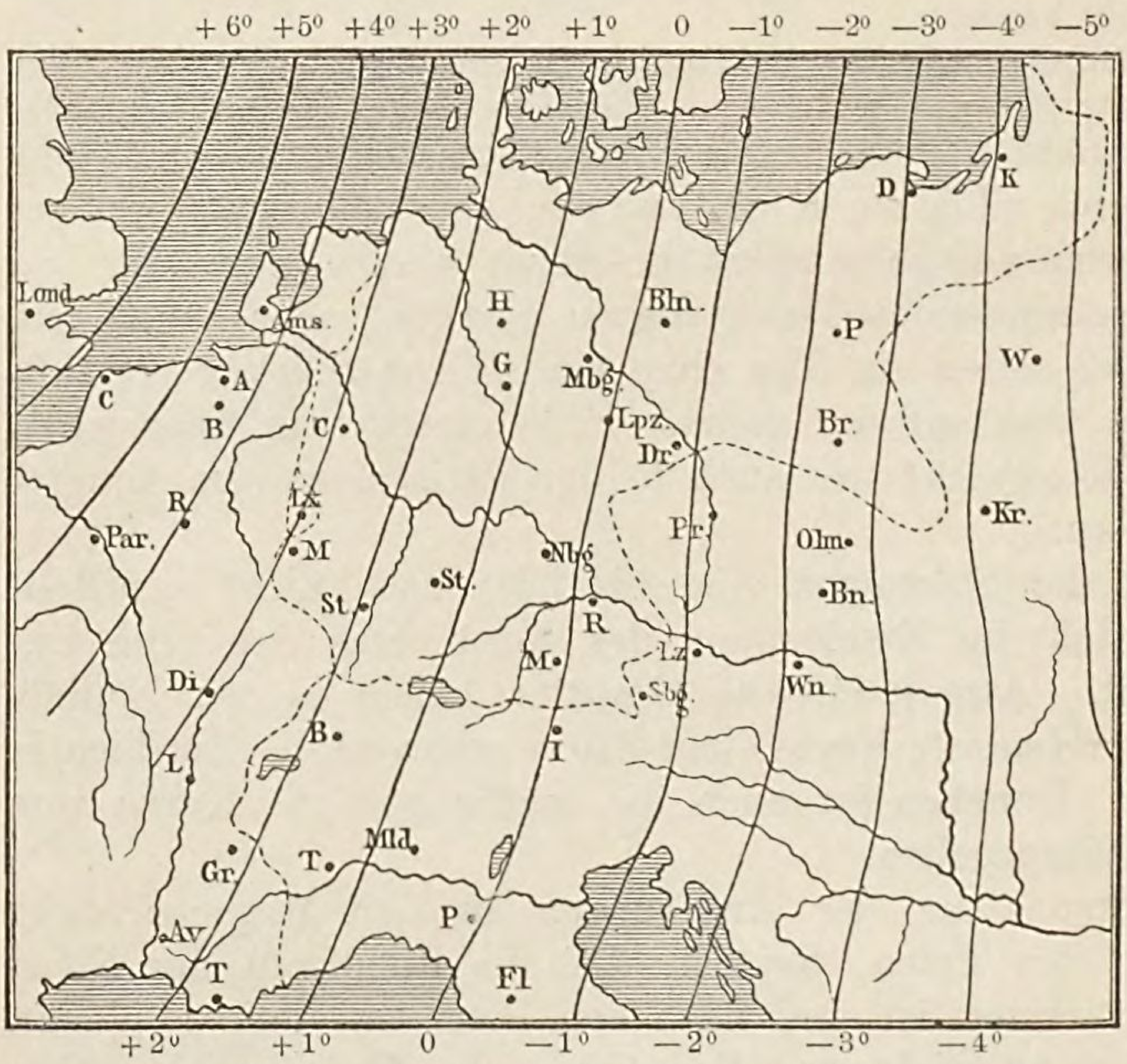


Fig. 15. Deklinationskarte von Lamont.

Das magnetische Element der Inklinaton ist für die Vermessungskunde nicht von Bedeutung. Sie nimmt vom Äquator nach den Polen zu und zwar nach Gauss für unsere Gegend auf 1 Minute der geographischen Breite eine Bogenminute. In Klausthal beträgt die Größe der Inklination 66 Grad.

§ 10. Allgemeine Regeln über die bildlichen Darstellungen der Messungen.

Die Darstellungen von Teilen der Erdoberfläche oder unterirdischen Grubenräumen erzielt man durch geometrische Bilder d. h. solche,

welche die gegenseitige Lage aller vermessenen Punkte richtig und ihre gegenseitige Entfernungen voneinander in gleicher Verjüngung bezw. in gleichem Maßstabe angeben.

Die geometrischen Bilder werden durch Projektionen auf eine *Bildfläche* erhalten und zwar dadurch, daß man von den Punkten rechtwinkelig zur Bildfläche Linien zieht.

Die Bildflächen können vertikal und horizontal, eben und gekrümmt sein.

Sehr ausgedehnte Teile der Erdoberfläche wird man auf das Erdellipsoid projizieren, kleinere Teile, wenn die größte Entfernung 100 km nicht überschreitet auf eine berührende Kugelfläche, auf die sogenannte *Krümmungskugel*, die sich dem Erdellipsoid an der darzustellenden Fläche am nächsten anschmiegt, und schließlich Flächen, auf denen keine größeren Längen als 20 km vorkommen, auf die Horizontalebene.

In der Markscheidekunst kommen nur Projektionen auf die Horizontalebene in Betracht.

Außer diesen Horizontalprojektionen giebt es auch Projektionen auf eine Vertikalebene. Es entstehen dann Seigerrisse, Profile, Aufrisse.

§ 11. Die Lage eines Punktes im allgemeinen ist durch drei Zahlenangaben bestimmt.

Die eine dieser Zahlen ist seine *Höhenzahl*, welche angiebt, wie hoch der Punkt über oder unter dem gewählten Vermessungshorizont liegt. Befindet der Punkt sich über dem Horizonte, so ist seine Höhenzahl positiv, liegt er unter demselben, so ist die Zahl negativ.

Der *Vermessungshorizont* ist immer ein wirklicher, d. h. eine geoidische Fläche, und kann in verschiedener Höhe für bestimmte Vermessungsgebiete angenommen werden.

Die beiden anderen Zahlen bestimmen die Lage des Punktes im Horizonte und heißen Koordinaten.

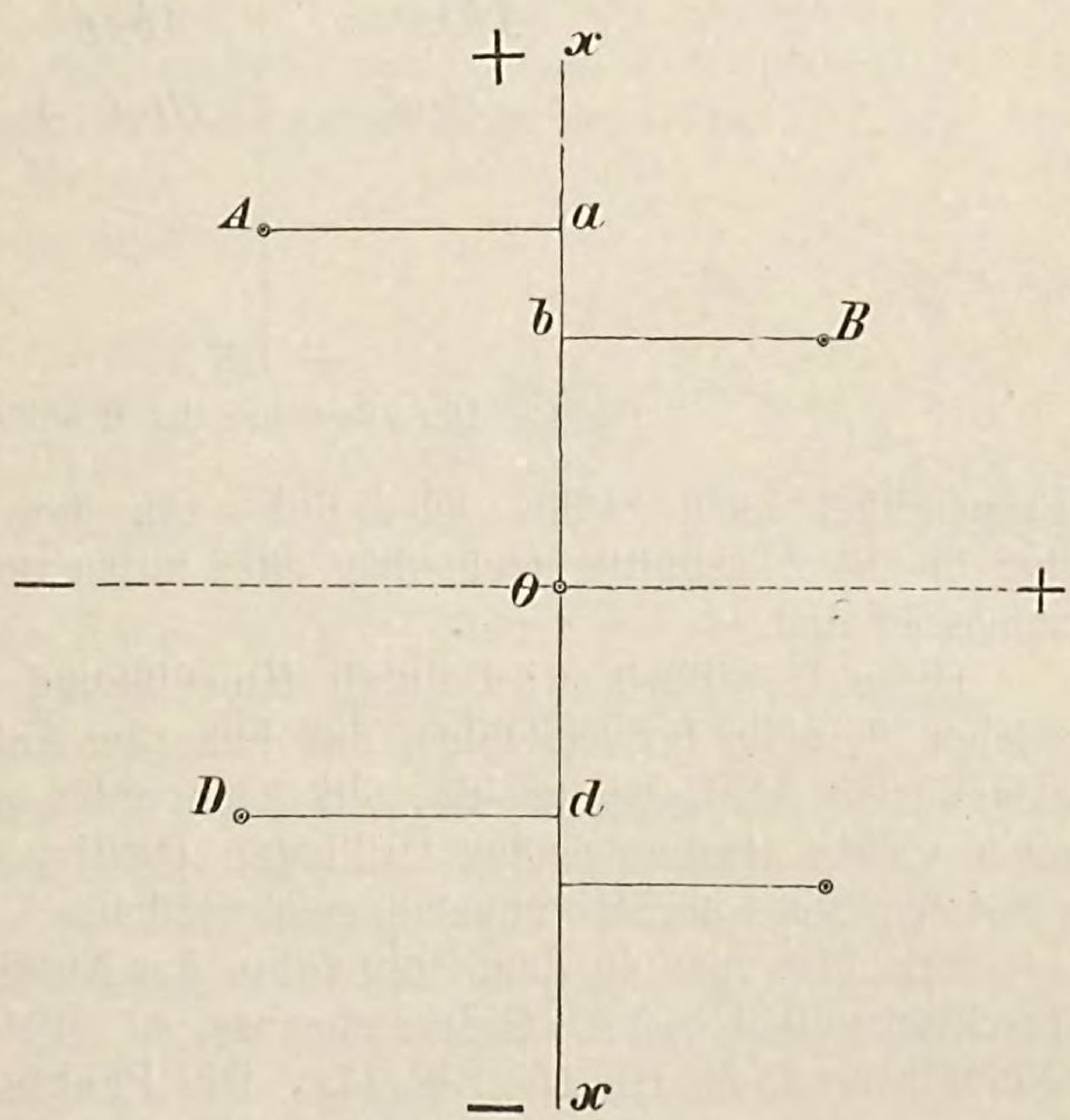


Fig. 16. Rechtwinkelige Koordinaten.

In der Vermessungskunde werden vier Koordinatensysteme angewendet.

Die wichtigsten sind die rechtwinkeligen Koordinaten.

Fällt man von den Punkten *A, B, C, D* in Fig. 16 Perpendikel auf eine Linie *xx*, die Abszissenlinie oder Abszissenachse genannt, und nimmt auf derselben einen bestimmten Punkt *O* als Anfangspunkt (Nullpunkt, Ursprung) an, so ist die gegenseitige Lage der Punkte *A, B, C, D* durch die Längen der Perpendikel (Ordinaten) *Aa, Bb, Cc, Dd* und durch die Längen der Abschnitte, Abszissen genannt, *oa, ob, oc, od* genau bestimmt, sobald noch darüber Gewißheit ist, ob die

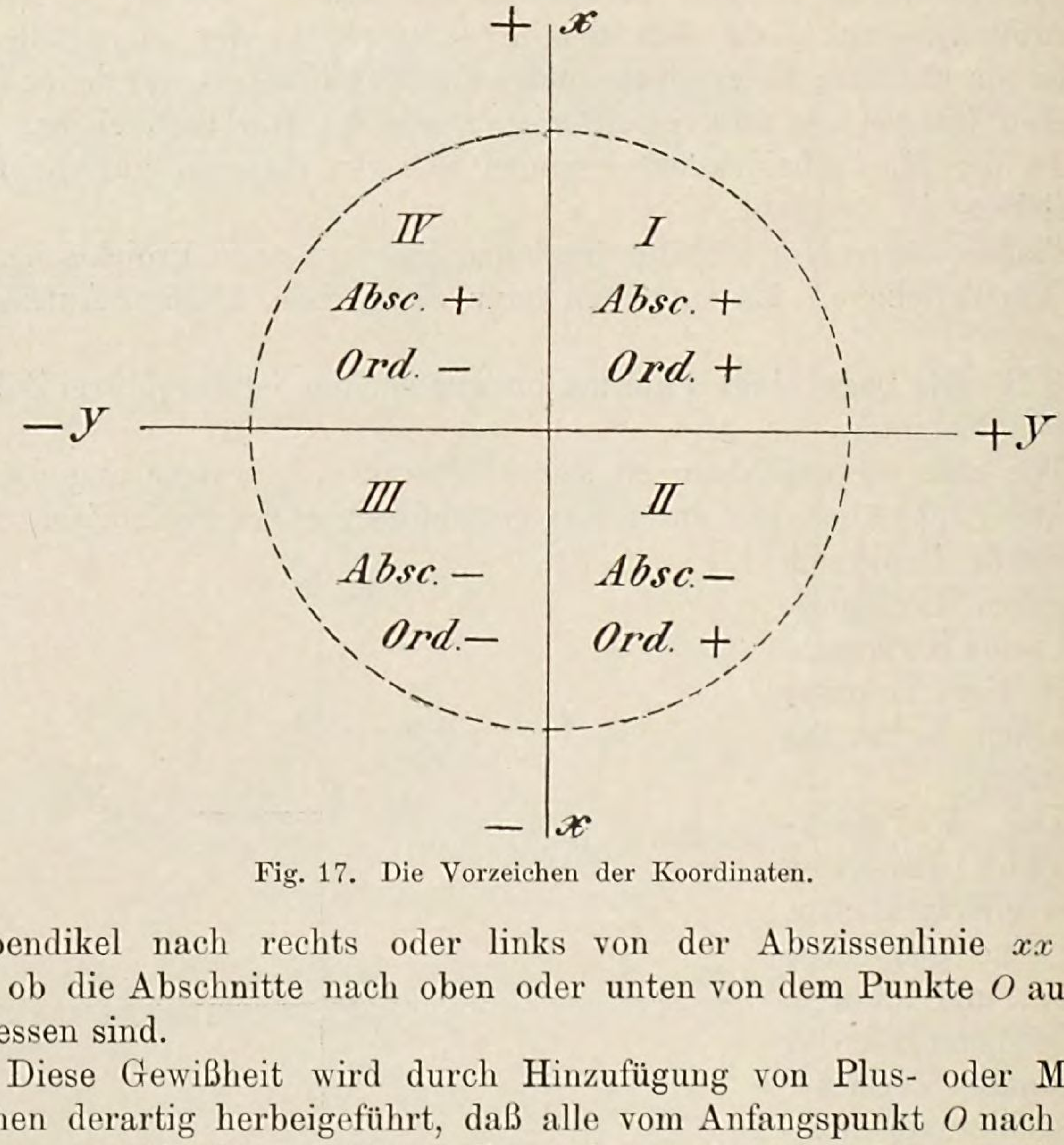


Fig. 17. Die Vorzeichen der Koordinaten.

Perpendikel nach rechts oder links von der Abszissenlinie *xx* aus, und ob die Abschnitte nach oben oder unten von dem Punkte *O* aus abzumessen sind.

Diese Gewißheit wird durch Hinzufügung von Plus- oder Minuszeichen derartig herbeigeführt, daß alle vom Anfangspunkt *O* nach oben gemessenen Abszissen positiv, alle nach unten gemessenen negativ, die nach rechts abzumessenden Ordinaten positiv, die nach der entgegengesetzten Seite negativ angenommen werden.

Errichtet man in dem Nullpunkte der Abszissenachse auf derselben das Perpendikel *yy*, die Ordinatenachse, so entstehen hierdurch die vier Quadranten *I, II, III, IV* (Fig. 17). Die Punkte des ersten Quadranten haben positive Abszissen und Ordinaten, im zweiten Quadranten positive

Ordinaten und negative Abszissen, im dritten negative Ordinaten und Abszissen und im vierten positive Abszissen und negative Ordinaten.

Die Abszisse und Ordinate eines Punktes faßt man mit der Bezeichnung Koordinaten zusammen.

Im System der Polarkoordinaten denkt man sich aus dem Anfangspunkt P dem Pol, eine Achse PN gezogen. Diese Achse kann mit dem astronomischen Meridian zusammenfallen oder auf einen festen Punkt gerichtet sein (Fig. 18). Durch die Entfernungen der einzelnen Punkte P_1, P_2 u. s. w. vom Pol und durch den Winkel, um welchen die Achse rechtsinnig, also im Sinne des Uhrzeigers, um den Pol gedreht werden muß, bis sie in die Richtung jedes Punktes kommt, ist die Lage aller Punkte gegeben. Die Polarkoordinaten eines Punktes sind: seine Entfernung vom Pol und der Drehwinkel des auf ihn vom Pol aus gezogenen Strahles.

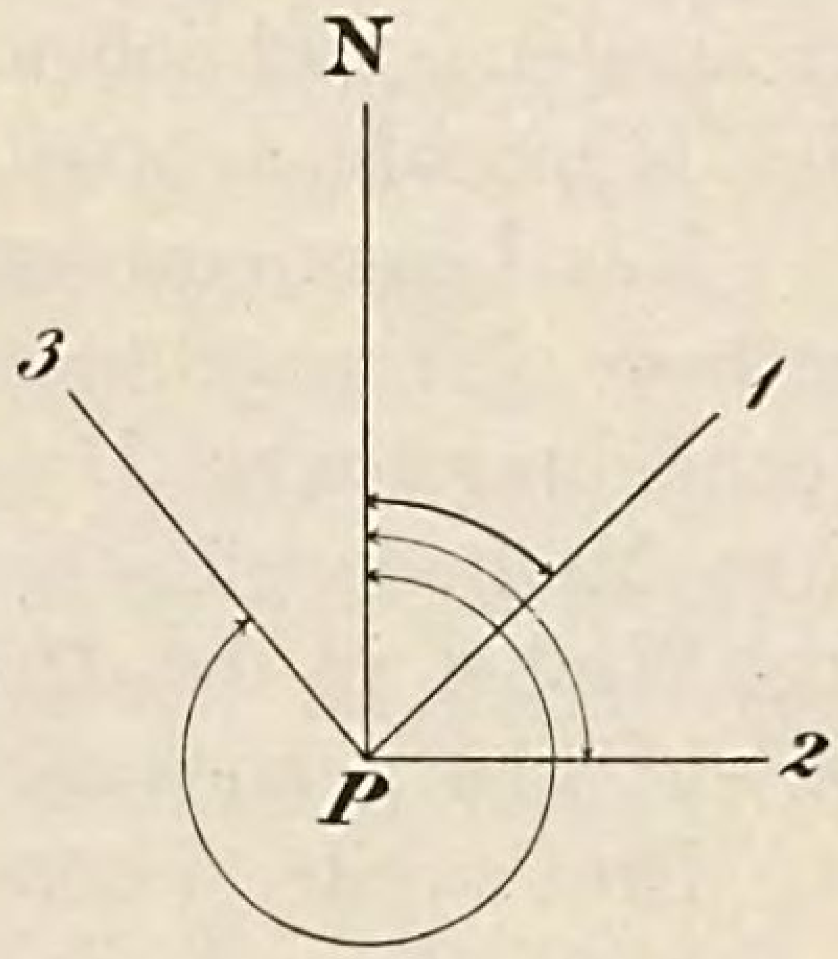


Fig. 18. Polarkoordinaten.

Die Polarkoordinaten sind dadurch wichtig, daß man von ihnen leicht zu jedem anderen Koordinatensystem übergehen kann.

Die preußische Landesaufnahme veröffentlicht deshalb von allen Dreieckspunkten außer den geographischen Positionen die Polarkoordinaten.

Außer den beiden genannten kommen in der Geodäsie noch die geographischen und die rechtwinkelig sphärischen Koordinaten vor.

Beide gehören nicht in die für dieses Buch gesteckten Grenzen, und für die geographischen Koordinaten ist das Erforderliche auch bereits in § 3 gesagt.

Bei den rechtwinkelig sphärischen oder SOLDNER'schen Koordinaten wird als Bildfläche die Berührungskugel genommen (Fig. 19). Für das Vermessungsgebiet wird ein Koordinatenanfangspunkt Q gewählt und durch denselben ein Meridiankreis gelegt, der die x-Achse bildet. Durch jeden der Vermessungspunkte z. B. P_1 und P_2 denkt man sich rechtwinkelig zur Ebene des Anfangsmeridians einen größten Kreis gelegt WP_1O und WP_2O.

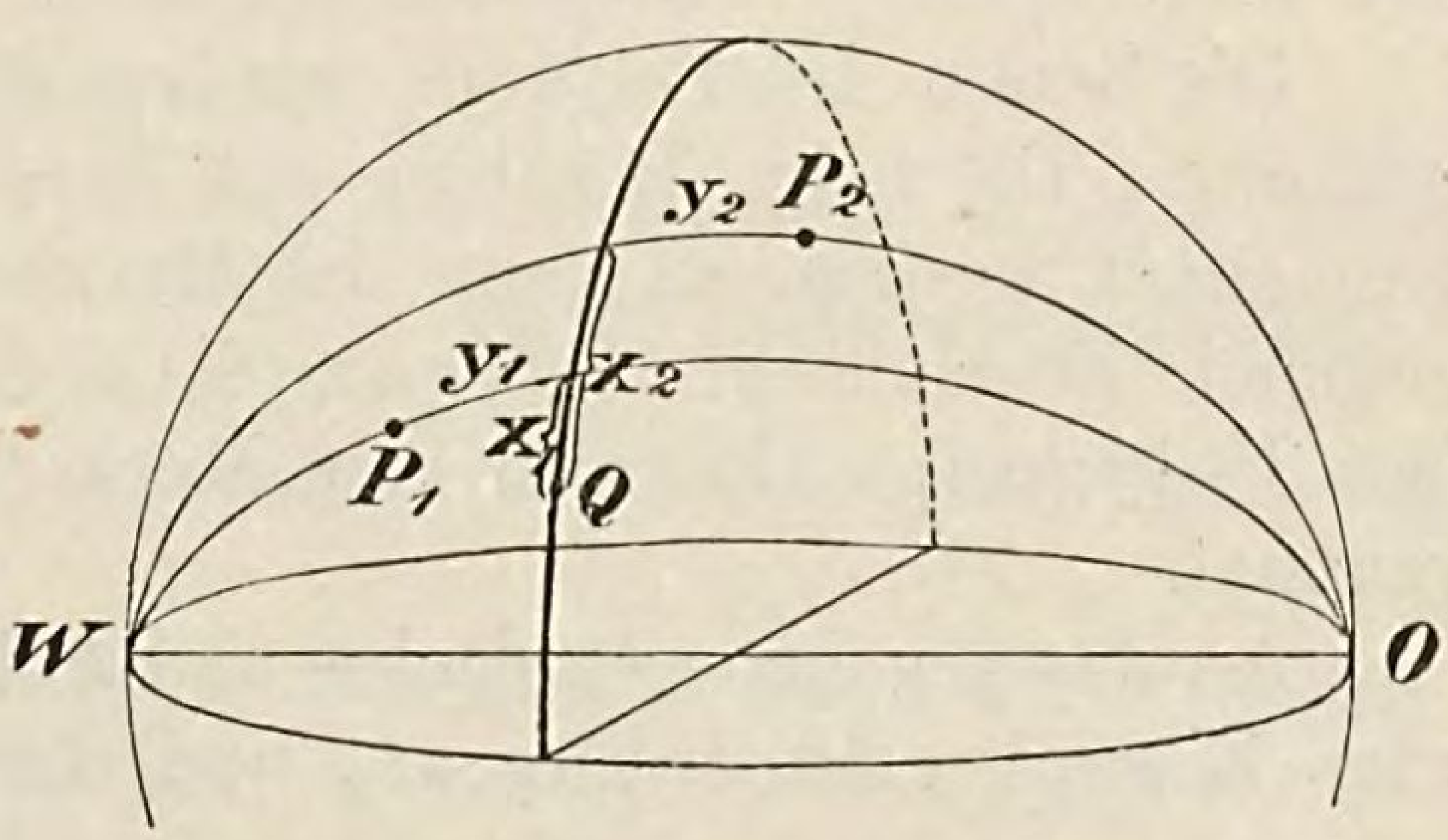


Fig. 19. SOLDNER'sche Koordinaten.

Die sphärischen Abszissen der Punkte P_1 und P_2 sind die Bogen auf dem Meridian x_1 und x_2; die sphärischen Ordinaten die Bogen y_1 und y_2 auf den durch die Punkte gelegten größten Kreisen. Die Vorzeichen entsprechen denen der ebenen Koordinaten.

§ 12. Die Vermessungsmethoden im allgemeinen.

Bei allen Vermessungen gilt als oberste Regel: **Man arbeite stets vom Grossen ins Kleine!**

In diesem Sinne wird über jede zu vermessende Fläche (über Tage) oder in jedem zu vermessenden Raum (unter Tage) eine Anzahl von Punkten festgelegt, deren Verbindungslinien ein Netz, gleichsam ein Gerippe bilden, an das sich die weiteren ins einzelne gehenden Vermessungen anschließen. Von allen Punkten werden die Koordinaten und die Höhenzahlen ermittelt.

Das Legen eines solchen Netzes erfolgt über Tage durch die **Dreiecksmethode** (Triangulation). Man wählt eine Anzahl Punkte aus, deren Verbindungslinien Dreiecke von brauchbarer Gestalt bilden. Die für diese Methode günstigste Form der Dreiecke ist die gleichseitige. Alle drei Winkel in den Dreiecken und die Länge einer oder auch mehrerer Seiten wird gemessen. Eine solche gemessene Seite wird Basis genannt.

Die zweite Vermessungsmethode ist **die Polygon- oder Umfangsmessung.** Eine Reihe aneinander stoßender gerader Linien, von denen je zwei einen Winkel einschließen, heißt ein Polygon und zwar wenn die Figur geschlossen ist ein geschlossenes, wenn dies nicht der Fall ist, ein offenes Polygon oder Polygonzug.

Einer der von zwei aneinanderstoßenden Polygonseiten gebildeten beiden Winkel wird Brechungswinkel oder Polygonwinkel genannnt und zwar stets derjenige, um den die vorhergehende Seite (rückwärts liegende im Sinne der Vermessungsrichtung) im positiven Sinne gedreht werden muß, um sie in die Richtung der folgenden Seite zu bringen. Der Polygonwinkel liegt demnach links von der Vermessungsrichtung. Der andere ist der Ergänzungswinkel.

Die Seiten des Polygons werden von dem Landmesser „Strecken" genannt. Da beim Bergbau mit diesem Worte gewisse Grubenräume bezeichnet werden, so kann der Markscheider diese Benennung nicht annehmen. Er nennt sie Polygonseite, Stationslinie oder auch Schnur. Der Polygonpunkt wird vom Markscheider auch noch Winkelpunkt genannt.

An das gegebene Dreiecks- und Polygonnetz schließt sich die Stück- oder Einzelvermessung an, und diese erfolgt hauptsächlich nach der Koordinaten- oder Normalenmethode, in einzelnen Fällen nach der Polarmethode.

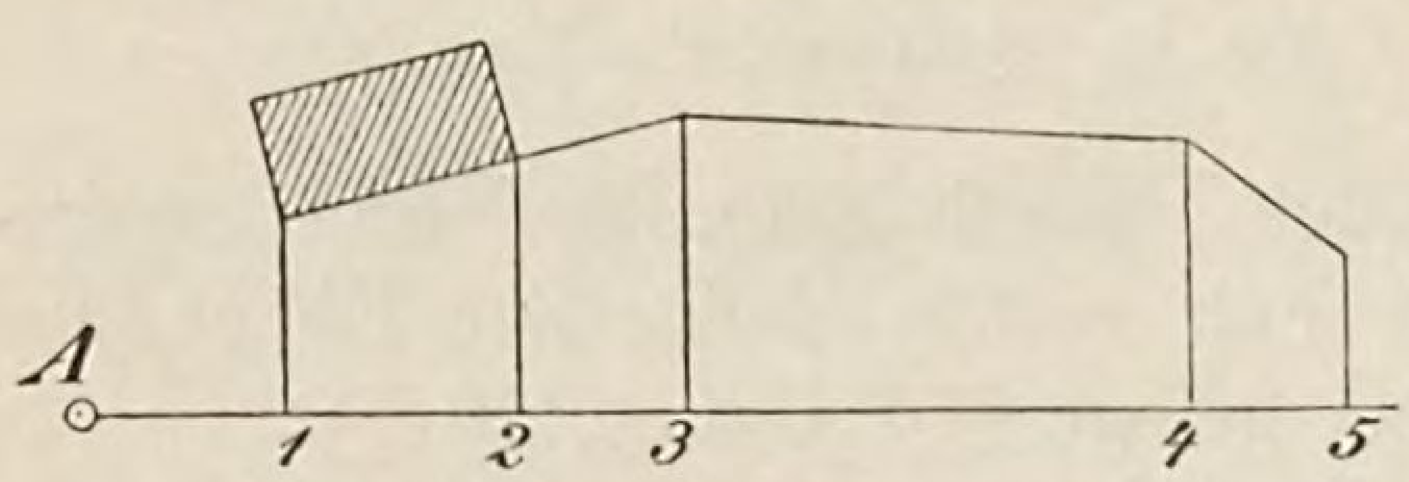


Fig. 20. Koordinatenmethode.

Bei der Koordinatenmethode werden die Polygonseiten als Abszissenlinien angenommen, auf welche aus den zu vermessenden Punkten Perpendikel gefällt werden. Die Längen von einem Endpunkte *A* (Fig. 20) der Polygonseite bis zum Fußpunkt jedes einzelnen Perpen-

dikels sind die Abszissen und die Längen der Perpendikel die Ordinaten der aufzunehmenden Punkte.

Bei der Polarmethode dient ein Polygonpunkt als Pol und eine Polygonseite als Achse. (Vergl. § 11 Fig. 18.)

§ 13. **Das Prüfen und Berichtigen der Instrumente** ist eine dem Markscheider häufig vorkommende Arbeit. Man unterscheidet solche Prüfungen, die an dem Instrumente ein für allemal vorgenommen werden, und solche, die von Zeit zu Zeit an demselben Instrumente wiederholt werden müssen. Zum Zweck der Prüfung ist man bestrebt symmetrische Beobachtungen auszuführen, die zwei verschiedene Werte geben, von denen der eine soweit im positiven Sinne von der Wahrheit abweicht, wie der andere im negativen Sinne. Das arithmetische Mittel liefert den richtigen Wert. Zur Ausführung der symmetrischen Beobachtungen setzt, legt, hängt, kippt oder dreht man das Instrument oder den zu prüfenden Teil um.

§ 14. **Erklärung einiger der Markscheidekunst eigentümlichen Ausdrücke.** — Die Markscheidekunst hängt eng mit dem Bergbau zusammen und hat viele Ausdrücke von da entnommen.

Ein Perpendikel auf der Horizontalebene heißt eine seigere Linie oder Seigerlinie (Seigerschnur). Eine gerade Linie in der Horizontalebene heißt eine söhlige Linie, Sohle, Ebensohle; und eine gegen den Horizont geneigte eine flache oder tonnlägige Linie.

Eine flache Linie wird eine fallende oder steigende genannt, je nachdem der Beobachter am oberen oder unteren Endpunkte steht.

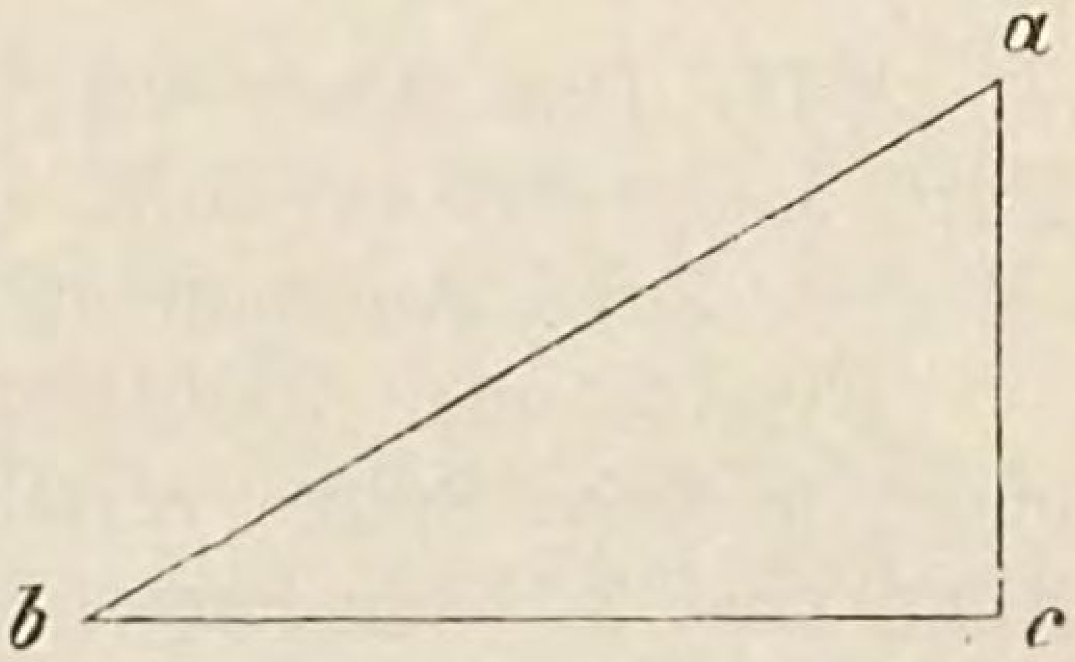


Fig. 21. Sohle und Seigerteufe.

Der Neigungswinkel einer Linie oder einer Ebene wird Fallwinkel, Tonnlagewinkel oder auch kurz das Fallen, die Tonnlage genannt.

Wird in Fig. 21 von dem Punkte *a* der flachen Linie *ab* die Seigerlinie *ac* gezogen und *b* mit *c* verbunden, so nennt der Markscheider

c den Seiger- oder Lotpunkt von *a* (die Projektion von *a*),
bc die Sohle der flachen Linie *ab* (Projektion von *ab*) und
ac die Seigerteufe des Punktes *a* (die Projizierende).

Die Richtung einer Linie nennt der Markscheider das Streichen und versteht im engeren Sinne darunter den Winkel, welchen die Linie mit dem magnetischen Meridian einschließt.

Dieser Winkel wird nach der veralteten Einteilung des Kompasses kurz „Stunde“ genannt. Man sagt diese Linie hat das Streichen Stunde 4, oder sie streicht in Stunde 4.

Hier und da wird das Azimut oder der Azimutalwinkel das reduzierte Streichen genannt.

Immer mehr außer Gebrauch kommen für Abszisse: die Bezeichnungen Breite oder Streichcosinus und für Ordinate: Länge oder Streichsinus.

Die Thätigkeit des Markscheiders in der Grube wird mit ziehen, verziehen und abziehen bezeichnet, da ursprünglich die Polygonseiten nur durch „Ziehen von Schnüren“ gebildet wurden. Daraus ist das Wort Markscheiderzug oder kurz Zug abgeleitet. Man unterscheidet Tagezug und Grubenzug. Die Wiederholung eines Zuges zur Prüfung desselben nennt man Gegenzug oder Währzug.

Das zu Papier bringen (Kartieren) des Zuges heißt Zulegen.

Unter Markscheiderzeug (in Österreich Schinnzeug) versteht man Hängekompaß, Gradbogen, Schnur mit Stäben oder Kette.

Zweites Kapitel.

Das Abstecken von Linien und die Längenmessungen.

§ 15. Das Abstecken und Ausfluchten von geraden Linien über Tage geschieht mit Hilfe von Richtstäben, Fluchtstäben, Pikets, Baken, seltener durch Ausspannen einer Schnur.

Flucht- oder Richtstäbe sind runde gerade Stäbe, die unten mit einer eisernen Spitze versehen sind. Sie haben einen Durchmesser von 3 cm, sind 2 Meter lang und durch weiße und schwarze oder rote Felder von einem halben Meter eingeteilt. In neuerer Zeit benutzt man Fluchtstäbe aus eisernem Möbelrohr, die auch zum Zusammenschieben eingerichtet sein können. (Zu beziehen von R. Reiss in Liebenwerda.)

Die beiden Endpunkte einer gegebenen Linie werden durch je einen Fluchtstab bezeichnet.

Soll zwischen diese beiden Stäbe ein dritter Stab eingeschaltet werden, so begiebt sich ein Meßgehilfe nach dem Augenmaß auf die Stelle und hält den einzufluchtenden Stab zwischen Daumen und Zeigefinger so, daß der Stab durch die eigene Schwere senkrecht mit seiner Spitze nur wenige Zentimeter über dem Erdboden hängt. Der Markscheider tritt hinter einen Endstab und winkt dem Gehilfen mit der Hand so lange, bis dessen Stab genau in der Linie steht. Auf ein gegebenes Zeichen läßt der Gehilfe den Stab fallen.

Sind mehrere Stäbe einzuwinken, so wird mit dem entfernteren begonnen.

Der einwinkende Markscheider darf nicht zu nahe an den Endstab herantreten, weil sonst der erste Stab die anderen Stäbe deckt, auch wenn sie nicht in gerader Linie stehen.

Zur Prüfung der ausgefluchteten Linie stellt man die Richtstäbe nach dem Lot senkrecht und sieht an den linken und rechten Rändern entlang. Es darf kein Stab aus der Linie hervorragen. Sodann bringt man das Auge noch mehr seitwärts und man sieht alle Stäbe, aber wenn alle Stäbe richtig eingewinkt sind, von den näher stehenden mehr als von den ferner stehenden.

Sind die Endpunkte *A* und *B* (Fig. 22) unzugänglich, so geschieht die Einschaltung der beiden Stäbe 1 und 2 wie folgt: Stab 1 wird nach dem Augenmaße aufgestellt und von ihm aus der Stab 2 in die Richtung nach *A* eingewinkt, sodann verläßt 1 seinen Stand und läßt sich von 2 aus auf *B* einrichten. Stab 1 kommt in die Stellung 3. Aus der Stellung 3 wird durch Einfluchten auf *A* der Stab 2 in die Stellung 4 gebracht. In dieser Weise wird so lange fortgefahren, bis die Stäbe 1 und 2 in der Linie *AB* stehen.

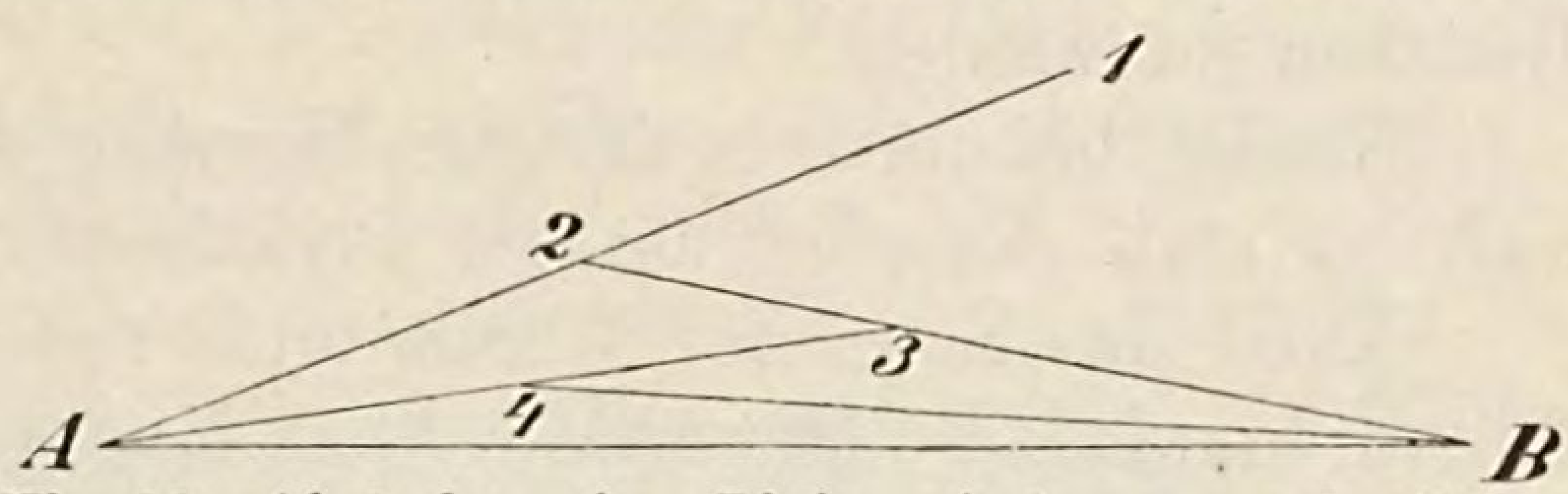


Fig. 22. Abstecken einer Linie zwischen unzugänglichen Punkten.

Steht ein in der Vertikalebene kippbares Fernrohr zur Verfügung, so ist das Abstecken der Linien weit einfacher und leichter. Man bringt die Sehachse des Fernrohres in die abzusteckende Linie und steckt die Fluchtstäbe mit den entferntesten beginnend so ein, daß das Fadenkreuz des Fernrohres auf der Mitte des senkrecht stehenden Stabes erscheint.

I n d e r G r u b e werden gerade Linien nach den Flammen der Grubenlichter ausgefluchtet mit Hilfe eines Fernrohres oder mit bloßem Auge, und zwar geschieht dies, wenn die Länge der ausgefluchteten Linie ermittelt (siehe Längenmessungen § 16) oder wenn die Richtung einer aufzufahrenden Strecke angegeben werden soll. (Siehe das Hängen der Stunde § 141 und das Angeben der Durchschlagsrichtung § 153.)

§ 16. Die Längenmessung. Zum Längenmessen u n t e r T a g e gebraucht der Markscheider die M e t e r k e t t e, Meßstäbe aus Holz oder Eisen mit Hanfschnur, und das S t a h l m e ß b a n d, über Tage vorwiegend das S t a h l m e ß b a n d, sodann in besonders wichtigen Fällen M e ß s t ä b e mit Hanfschnur.

Die M e t e r k e t t e (Fig. 23) wird nur bei Kompaßmessungen gebraucht. Sie ist eine leichte Kette, deren Glieder von 0,5 m Länge aus dünnem geglühten Messingdraht bestehen und durch ebenfalls aus Messing gefertigte Wirbel und Ringe verbunden sind. Die Länge der Kette beträgt 12 m.

Der Anfangspunkt der Zählung liegt in der inneren Peripherie des

Hakens und endigt für jede der Unterabteilungen in der dem Anfange abgewandten Seite der inneren Peripherie des betreffenden Ringes.

Die Kette wird auf eine Rolle gewickelt aufbewahrt und beim Gebrauch durch zwei Pfriemen (Fig. 24) ausgespannt, von denen einer

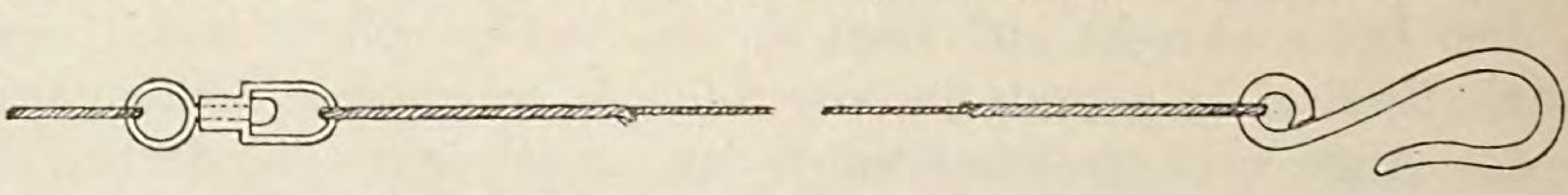


Fig. 23. Meterkette.

durch den Anfangshaken, der andere durch einen der Gliederringe gesteckt wird, wenn die Grubenzimmerung gestattet die Schnurlängen nach Belieben zu wählen.

Nimmt bei fortschreitender Messung der zweite Pfriemen den Haken auf, so muß derselbe um die Pfriemendicke vorwärts gesteckt werden.

Kann das Ende der Schnur nicht mit einem Gliederringe zusammenfallen, so wird die Meterkette über einen in die Streckenzimmerung eingesteckten Pfriemen gelegt und durch einen zweiten Pfriemen straff gespannt, der durch den nächsten Ring und unterhalb des ersten Pfriemens ins Holz gesteckt wird.

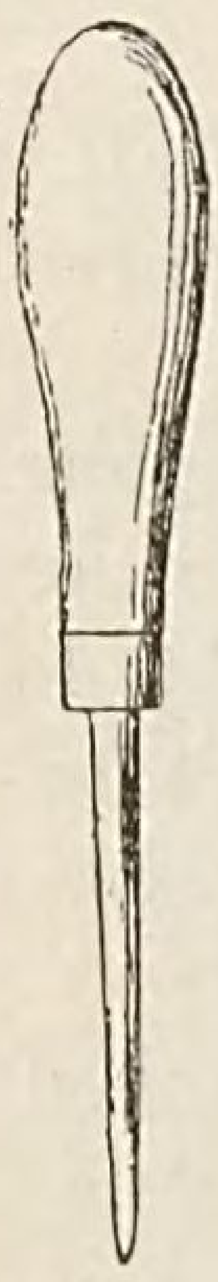


Fig. 24. Pfriemen.

Die Pfriemen sind aus starken, etwa 10 cm langen zugespitzten Stahl- oder Messingdrahtstücken angefertigt.

Die Vorzüge dieser Kette bestehen darin: 1. daß dieselbe ein geringes Gewicht hat, 2. daß die Länge der Schnur meist ohne weiteres abgelesen werden kann und meist ganze Meter beträgt, was bei der Berechnung Zeitersparnis mit sich bringt, 3. daß man die passende Stelle für das Aufhängen des Gradbogens leicht finden kann, und 4. daß die Fußpunkte der Seitenordinaten zur Aufnahme der Grubenräume leicht zu bestimmen sind. Namentlich der letztere Vorzug hat dieser Kette beim Gangbergbau des Harzes Eingang verschafft.

Als Nachteil ist anzuführen, daß die Meterschnur durch den Gebrauch dem Ausdehnen sehr ausgesetzt und bei umfangreichen genauen Messungen nicht verwendbar ist. Die Kette ist vor dem Gebrauche zu prüfen und zu berichtigen und während des Messens nicht zu stark anzuspannen.

Bei längeren Messungen sind stets mehrere Ketten mitzuführen.

§ 17. Meßstäbe von Holz oder Stahl. Die ersteren sind Stäbe von vierkantigem, seltener rundem Querschnitt aus trockenem astfreien Tannenholze, die durch Tränken mit Öl vor Feuchtigkeit und an ihren Enden durch messingene oder eiserne Schuhe vor schneller Abnutzung geschützt sind. Die Endflächen der Schuhe müssen stets rechtwinkelig zur Achse des Stabes und die Kanten derselben dürfen nicht abgestumpft sein.

Sollte bei längerem Gebrauch eine Abstumpfung sich herausstellen, so sind die Schuhe zu erneuern.

Die in der Grube gebrauchten Holzstäbe sind vierkantig und meist zwei, seltener nur ein Meter lang. Die Einteilung geht bis zu Dezimetern, der Rest wird mit der Schmiege gemessen.

Die über Tage gebrauchten Holzstäbe haben vierkantigen oder ovalen Querschnitt, sind vier Meter lang und durch farbige Felder in halbe Meter geteilt.

Die stählernen Meßstäbe bestehen aus zwei oder ein Meter langen Stücken, die mittelst messingener Muffen (vergl. Fig. 241 § 114) zu einem Stabe bis zu 4 Meter Länge zusammengefügt werden. Beim Gebrauch wird ein solcher Stab auf einer mit entsprechender Vertiefung versehenen Holsleiste von einer solchen Länge aufgebunden, daß der Stahlstab an beiden Enden 10 cm darüber hinausragt (Fig. 25).

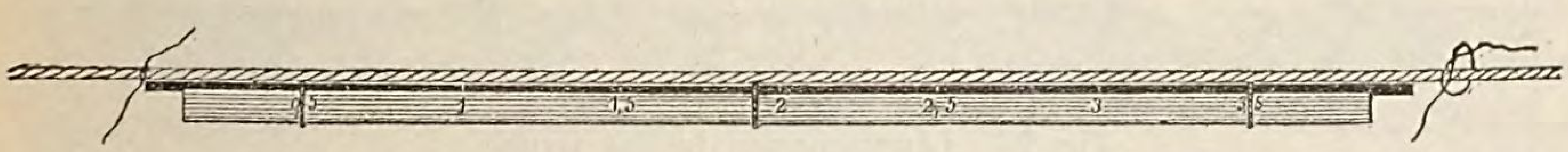


Fig. 25. Eiserner Meßstab.

Das Spannen der Schnüre. Das Messen mit Hilfe von Meßstäben erfolgt in der Grube fast ausschließlich an einer gespannten Schnur. Hierzu dient eine 2 mm starke möglichst gleichmäßig gearbeitete Hanfschnur, die mit Hilfe der obengenannten Pfriemen oder ähnlich geformter Schrauben ausgespannt wird. Bei Anwendung der Freiberger Aufstellung (§ 57 Fig. 132) werden die Schnüre um die Einkerbungen am Prisma geschlungen. Die Neigungen der Schnüre werden mit dem Höhenkreis oder mit dem Gradbogen ermittelt, je nachdem die Schnüre parallel der Ziellinie des Theodoliten gespannt sind oder nicht. Bei Grubenmessungen mit dem Hängekompaß bilden die Pfriemenmittel zugleich die Endpunkte der meist nur 10 bis 12 Meter langen Schnüre.

Bei Theodolitmessungen mit fixierten Punkten sind die Endpunkte der Polygonseiten in der Firste markiert, zwischen denen nur in ganz seltenen Fällen unmittelbar eine Schnur ausgespannt werden kann. Man verfährt deshalb folgendermaßen:

Man schlägt zwei Spreizen in der Verlängerung der Linie und spannt zwischen zwei in die Spreizen gesteckten Pfriemen die Schnur derartig, daß sie an den Lotschnüren anliegt, die aus den Winkelpunkten herabhängen. Die Berührungspunkte werden durch umschlungene Zwirnsfäden bezeichnet und sie bilden Anfang und Ende der Polygonseite. Ist die Länge der Linie sehr groß, so teilt man die Linie in mehrere Abteilungen, indem man in Abständen von ungefähr 20 Meter Spreizen schlägt und auf ihnen in der Richtung der Linie Pfriemen zum Anschlingen der Schnur befestigt (Fig. 26).

In sehr niedrigen Grubenstrecken ist die Anwendung von Spreizen unthunlich, da sie den Verkehr in der Strecke absperren. Man wendet z. B. in den Steinkohlengruben des Deisters kleine hölzerne 0,5—0,6 m hohe Böcke an, von denen die Fig. 27 mehrere Ansichten zeigt. Der Eisenbeschlag ist schraffiert. An den drei Füßen sind eiserne Stacheln angebracht und oben auf der Firstkante ist ein kleiner Dorn, an den

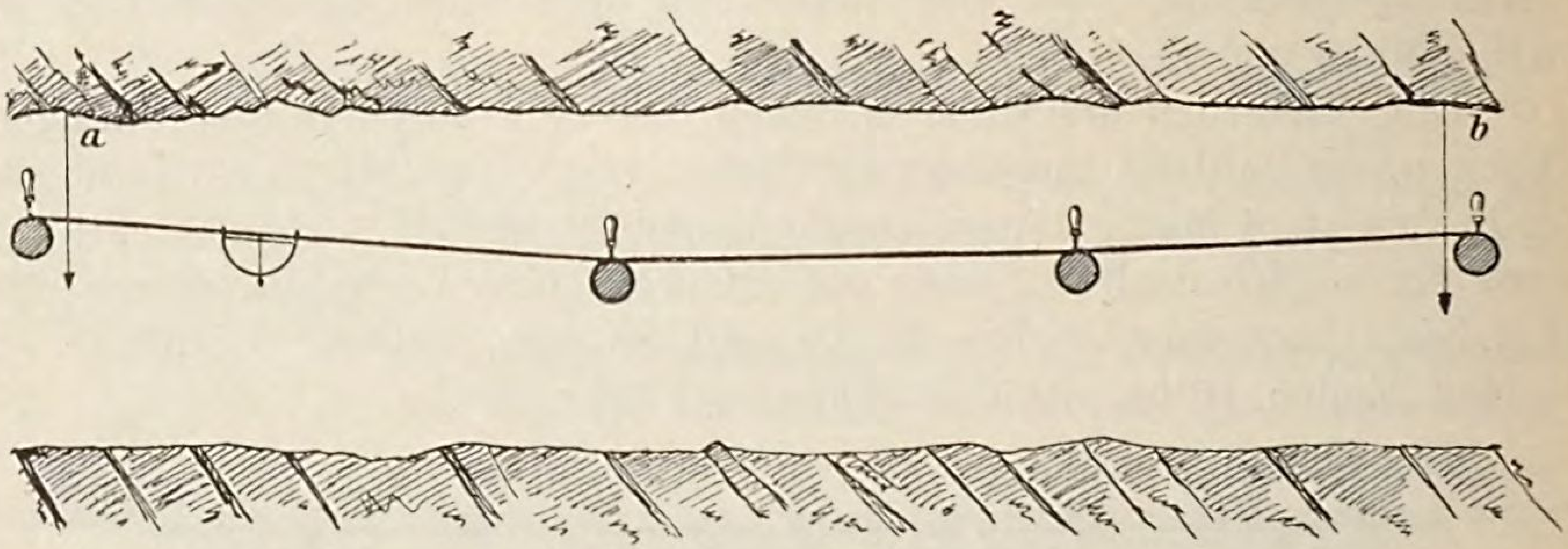


Fig. 26. Längenmessen in der Grube.

die Schnur angelegt oder um den sie geschlungen wird. Die Enden der Schnur sind an Schienennägeln befestigt, die geneigt in die Schwellen eingeschlagen sind. Lange Linien müssen stückweise gemessen werden, und da man der engen Räume wegen nur zwei Böcke mitführt, so wird, wenn das Anfangsstück gemessen ist, der erste Bock weggenommen, während der zweite Bock als Anfangspunkt des zweiten Stückes unverrückbar stehen bleiben muß. Zu diesem Zwecke läßt sich ein Gehilfe

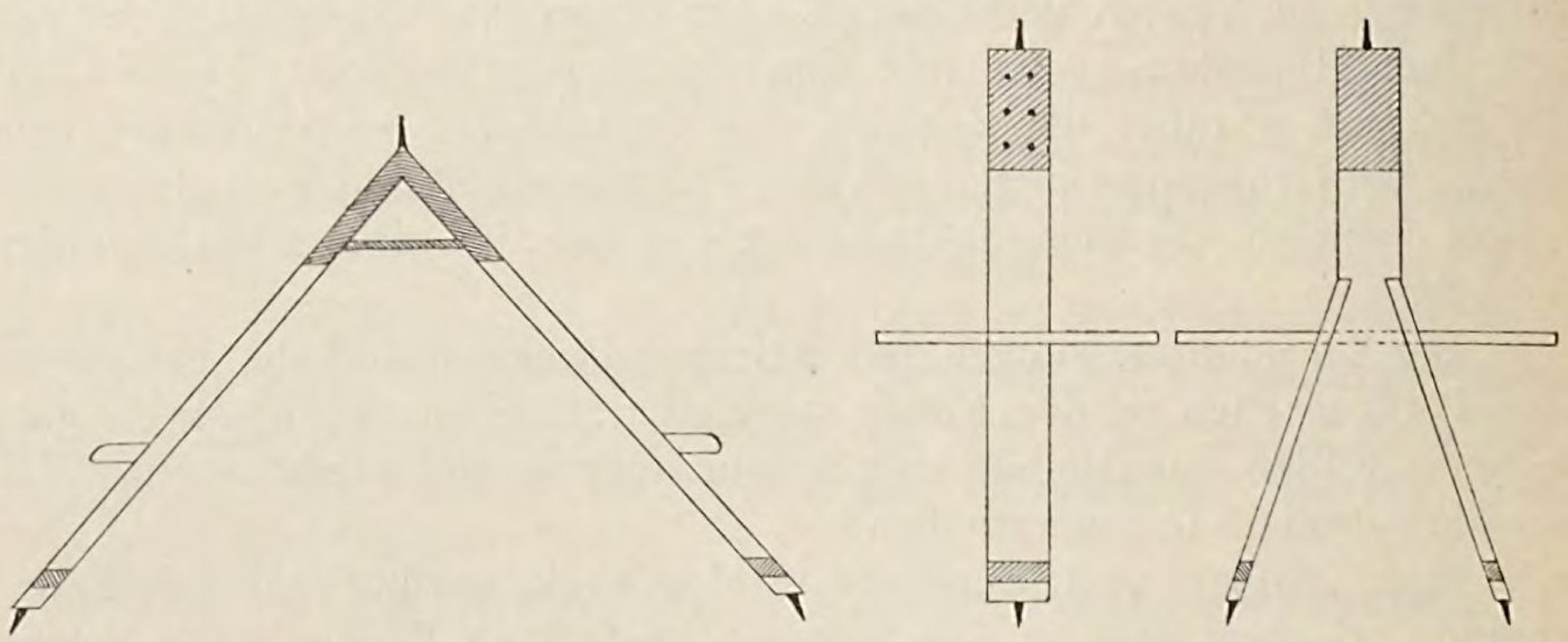


Fig. 27. Markscheiderböcke für niedrige Grubenräume.

auf die an den Beinen der Böcke befindlichen Querleisten zur Beschwerung des Bockes nieder.

Das eigentliche Längenmessen erfolgt nur mit einem oder mit zwei Stäben.

In jedem Falle sind zwei Mann zur Ausführung des Geschäftes erforderlich, der Vordermann und der Hintermann.

Beim Messen mit einem Stabe legt der Hintermann das eine Ende an den Anfangspunkt und der Vordermann hält den Stab zugleich mit der Schnur fest, während der Markscheider das andere Ende durch eine Schlinge aus weißem Zwirn bezeichnet, den er vorher mit den Lippen etwas anfeuchtet. An den so bezeichneten Endpunkt legt man den Meßstab von neuem an und fährt in dieser Weise fort. Das etwa überschießende Stück wird mit einer Schmiege gemessen.

Eine gleiche Genauigkeit erreicht man durch das sogenannte Abkneifen, wenn der Vordermann vor das Ende des Meßstabes den einen Daumennagel setzt und mit Hilfe des Zeigefingers fest an die Schnur preßt, sodann vorsichtig den zweiten Daumennagel mit entgegengesetzt gerichtetem Rücken an die Stelle des ersteren setzt und hiergegen das Ende des inzwischen von dem Hintermann wieder angelegten Meßstabes anschiebt. Hierzu gehören zwei geübte und gewissenhafte Gehilfen mit kräftigen nicht zu sehr gekrümmten Daumennageln.

Bei dem Messen mit hölzernen Stäben genügt es auch, wenn die Daumennagel nicht gewechselt werden, vielmehr wenn der Hintermann sogleich seinen Daumennagel an den des Vordermannes setzt, festkneift und den Meßstab, den er inzwischen durch die hohle Hand des Vordermannes geschoben hat, wieder anlegt.

Das Zählen der einzelnen Stablängen muß laut geschehen, und zwar zählt der Vordermann und der Hintermann für sich.

Bei dem Messen an gespannter Schnur mit zwei Stäben, die abwechselnd voreinander gestoßen werden, erzielt man mit geübten Gehilfen ebenfalls gute Ergebnisse. Das Ansetzen des zweiten Stabes an den ersten ist vorsichtig, ohne Stoß und Druck auszuführen, damit ein Verschieben des ersten Stabes vermieden wird. Außerdem ist, namentlich bei Holzstäben, die einen größeren Querschnitt als die eisernen haben, darauf zu sehen, daß die Endflächen vollständig aufeinander stoßen.

Das Längenmessen über Tage wird nur dann an einer gespannten Schnur entlang ausgeführt, wenn genaue Ergebnisse erzielt werden sollen. Dahin gehört das Messen einer Basis oder solcher Polygonseiten, die zur Festlegung wichtiger Punkte dienen.

Dreiecksnetze zu rein markscheiderischen Zwecken werden immer eine nur geringe Ausdehnung haben, es kann deswegen beim Messen der Basis von der kostspieligen Anlage einer horizontalen Unterlage zum Auflegen der Meßlatten abgesehen und die Längenmessung in gleicher Weise wie in der Grube an der Schnur mit 4 m langen Stahlstäben ausgeführt werden. (Vergl. Basismessung mittels des Meßbandes § 18.) Das Verfahren unterscheidet sich von dem in der Grube nur dadurch, daß man statt der Spreizen starke Pfähle je nach der Bodenbeschaffenheit mit oder ohne sogenannte Markscheiderböcke anwendet. Das Verfahren mit Pfählen und Böcken zeigt Fig. 28.

Bei dem Messen mit hölzernen Stäben über Tage werden stets zwei Stäbe von 4 Meter Länge benutzt, von denen der eine durch blau und weiße, der andere durch rot und weiße Felder in halbe Meter geteilt ist. Man mißt die Linie sofort söhlig. Zu diesem Zwecke werden die Stäbe nach dem Augenmaße wagerecht auf den Fußboden gelegt. Wenn hierbei ein unmittelbares Aneinanderstoßen nicht möglich ist,

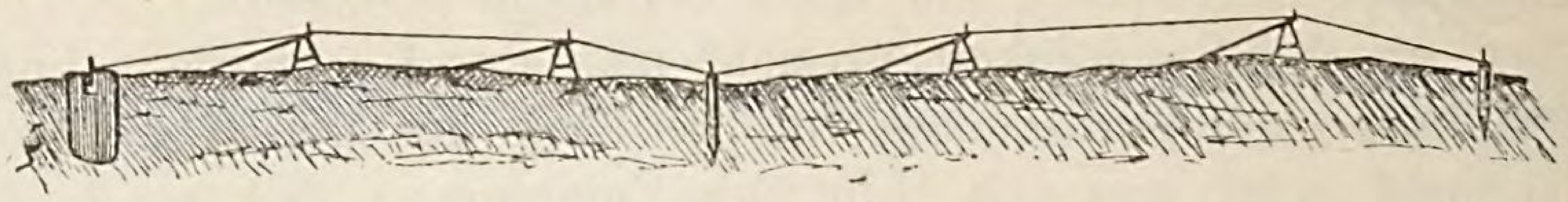


Fig. 28. Basismessung.

so wird der Endpunkt des zuletzt aufgelegten Stabes herauf bezw. herabgelotet. Man beginnt immer mit derselben Farbe, so daß auf die eine Farbe die geraden, auf die andere die ungeraden Zahlen fallen.

§ 18. **Die Stahlmeßbänder.** — Das Stahlmeßband wird am meisten zu Längenmessungen sowohl über Tage, als in der Grube benutzt. Das für die Grube bestimmte Meßband besteht aus einem 12 mm breiten und 0,3 mm dünnen Stahlblech-Streifen von verschiedener Länge (20—40 m) und ist in Dezimeter mittels feiner eingeschlagener Löcher eingeteilt. Die ganzen Meter sind durch eingelassene Messingzeichen mit eingepreßten Zahlen kenntlich gemacht. An beiden Enden sind in Gelenk und Kurbel drehbare Ringe befestigt, von deren innerer Peripherie meist die Zählung beginnt (Fig. 29).

Diese Stahlbänder sind äußerst dauerhaft. Sie ändern zwar der Stärke der Anspannung entsprechend ihre Länge merklich, aber sie längen sich nicht dauernd aus.

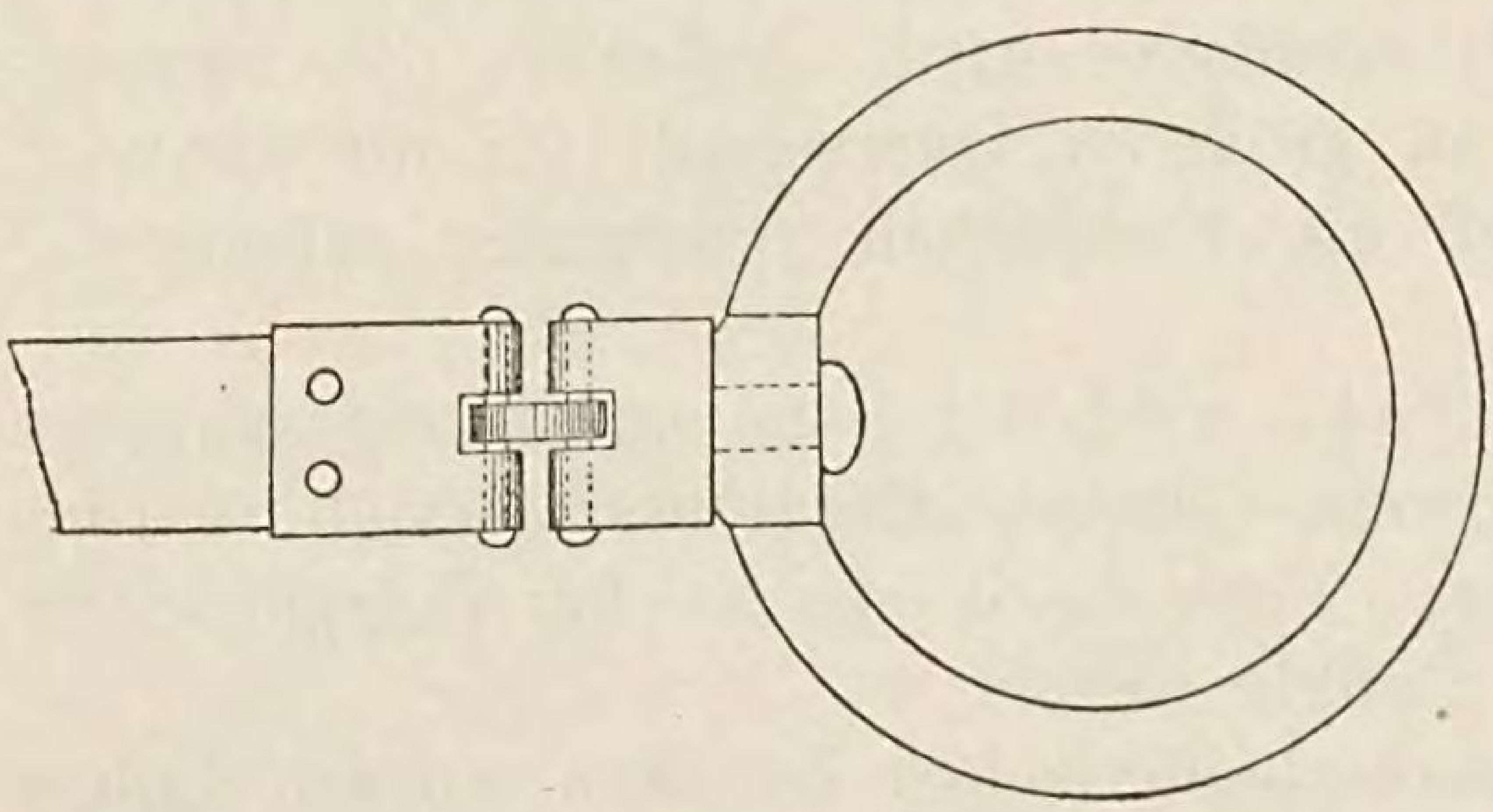


Fig. 29. Meßband aus Stahl.

Im Jahrbuche für das Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen auf das Jahr 1883 wird in dem Aufsatze „Triangulierung im Freiberger Revier" erwähnt, daß ein Stahlband von 30 Meter Länge sich bei einer Änderung der Spannung von 7 kg auf 14 kg um 4,1 mm ausdehnte.

Jedes Meßband ist, da ungenaue Bänder in den Handel kommen, auf seine Länge bei bestimmter Spannung und einer gewissen Temperatur (meist 15°) zu prüfen.

Die Innehaltung der Spannung bei der Prüfung und während des Gebrauches wird mittels einer für diesen Zweck besonders hergestellten Federwage, des sogenannten Spannungsmessers, überwacht, von dem

Fig. 30 einen Durchschnitt giebt. Er besteht aus einem Stahlrohre, das vorn in einem Haken zum Einhängen des Bandringes endet und in dem ein Kolben durch den Handgriff soweit herausgezogen werden kann, wie es die beim Herausziehen zusammengedrücke Spiralfeder zuläßt. Sobald die eine der Marken *m* an der Kolbenstange mit dem Rohrende zusammenfällt, ist ein bestimmter Zug 5—15 kg ausgeübt worden.

Bei dem Prüfen des Meßbandes ist ebenso wie bei dem Gebrauch desselben auf die Temperatur Rücksicht zu nehmen. Der Ausdehnungscoeffizinet von Stahl ist auf 1° C. = 0,000 012. Wurde z. B. mit einem bei 15° geprüften Bande eine Länge von 125 m bei 10° gemessen, so war das Meßband kürzer geworden und man erhielt eine zu große Länge. Dieser Fehler ist gleich $125 \times 5 \times 0{,}000\,012 = 7{,}5$ mm, der von der Länge abzuziehen ist. War die Temperatur während des Messens 20°, so war das Band länger geworden und man erhielt eine um 7,5 mm zu kleine Länge.

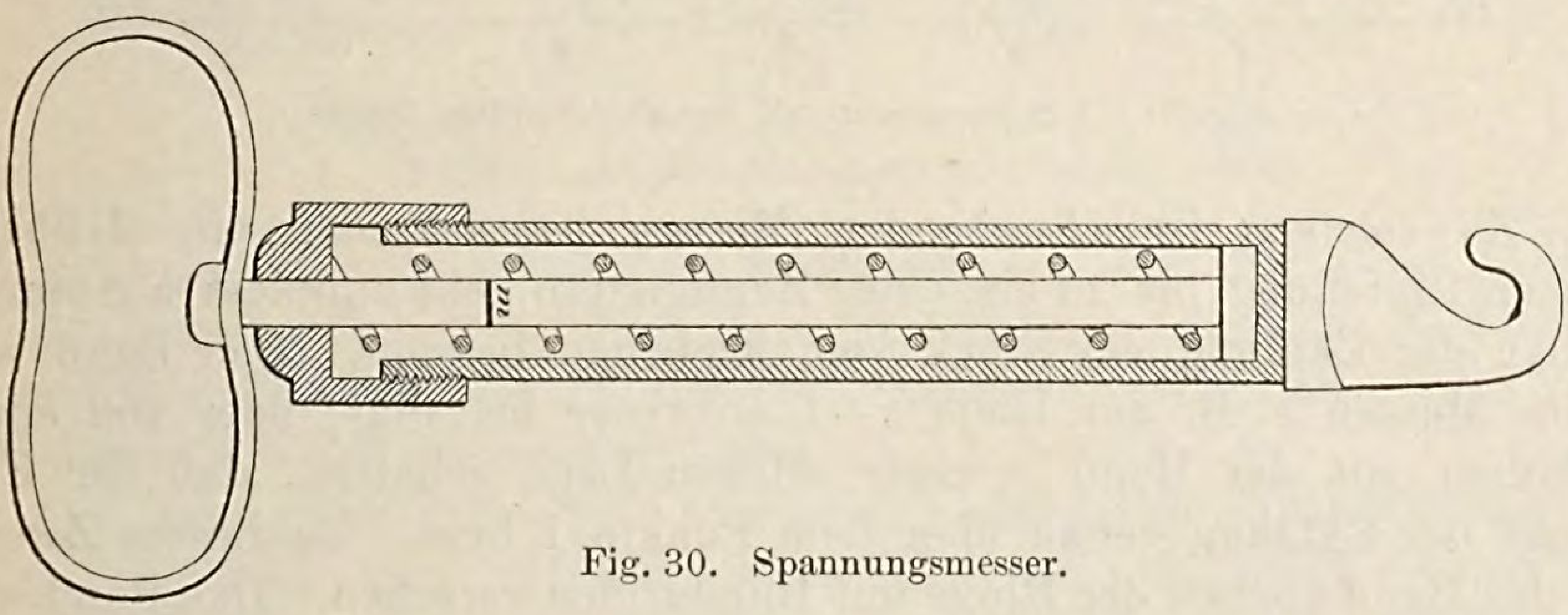


Fig. 30. Spannungsmesser.

Von der Temperatur der umgebenden Luft darf man nur dann auf die Temperatur des Bandes schließen, wenn das Band längere Zeit in der Luft gewesen ist und während der Messung nicht andere Umstände hinzutreten, die ein Abkühlen oder stärkeres Erwärmen des Bandes herbeiführen.

In der Grube wird 1. mit freischwebendem Meßbande, 2. an einer gespannten Schnur, 3. auf der Streckensohle entlang gemessen.

Vielfach ist dafür das ganze Verfahren der Theodolitmessung entscheidend, namentlich ob die Höhenbestimmungen mittels des Vertikalkreises geschehen sollen oder nicht. Bei Benutzung des Höhenkreises wird man bestrebt sein nur Polygonseiten von solcher Länge zu nehmen, die mit einer Bandlänge und parallel der Ziellinie gemessen werden können. Die Messung erfolgt in diesem Falle entweder an einer gespannten Schnur entlang, die wie bei der Freiberger Aufstellung parallel der Ziellinie gespannt wird, oder mit freischwebendem Bande von der Kippachse des Theodoliten bis zum Zielpunkte des Signals.

Kann die Polygonseite nicht mit einer Bandlänge gemessen werden, so kann man das Messen mit freischwebendem Bande und die Benutzung

des Höhenkreises beibehalten, wenn man wie folgt verfährt. Man fluchtet genau in der Linie *ab* Fig. 31 eine Anzahl Zwischenpunkte 1, 2, 3, 4, 5 auf der Streckensohle ein und, nachdem man den Horizontalwinkel auf *a* gemessen hat, zielt man den Punkt 1 an, mißt den Depressionswinkel mit dem Höhenkreis und die flache Länge zwischen der Kippachse der Theodoliten auf *a* und dem Punkte 1 mit dem freischwebenden Bande. Sodann stellt man den Theodoliten in den Punkten 2 und 4, also jedesmal einen überspringend auf und mißt rück- und vorwärts die Vertikelwinkel und die flachen Längen, wie Fig. 31 andeutet.

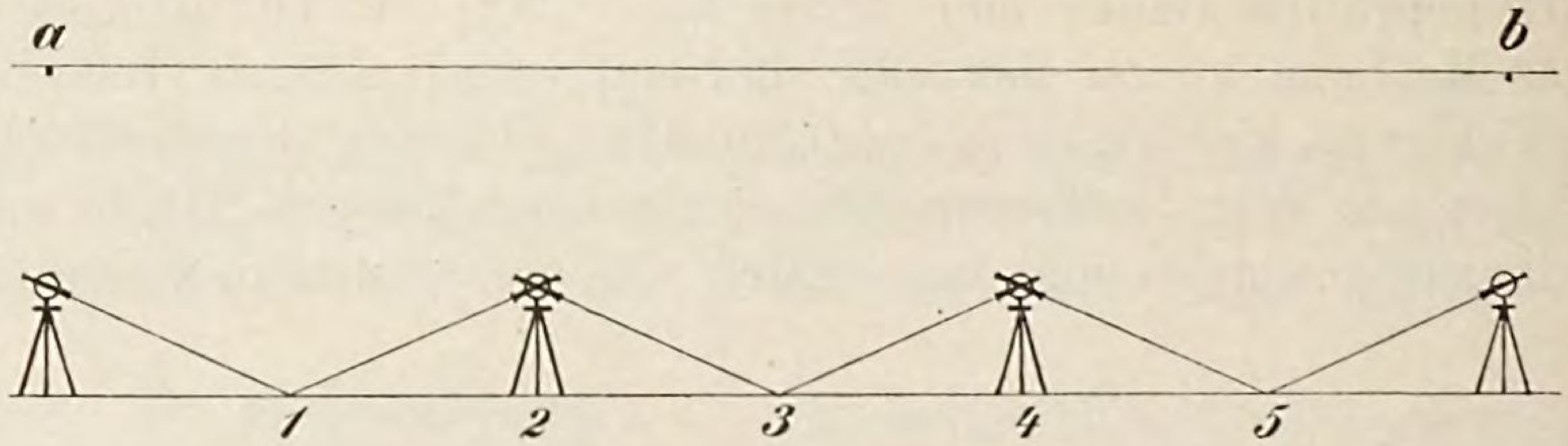


Fig. 31. Längenmessen mit freischwebendem Bande.

Zu solchem freischwebenden Messen benutzt man ein Meßband, dessen Einteilung bis zu einzelnen Zentimetern geht und dessen Anfangspunkt der Zählung ein Stück vom Endringe beginnt. Das Band wird beim Messen z. B. der Linie $a - 1$ entweder befestigt, oder von einem Gehilfen mit der Hand in einer solchen Lage gehalten, daß der Endpunkt der Zählung genau über dem Punkte 1 liegt. Zu diesem Zwecke ist das Band anstatt der Ringe mit Handgriffen versehen. Das Band wird nun mittels des zweiten Handgriffes freischwebend von 1 bis zur Kippachse straff gespannt und die Länge $1 - a$ neben der Kippachse auf einen Zuruf des das andere Ende des Bandes haltenden Gehilfen schnell abgelesen.

Bei einem derartigen Messen wird das Stahlband infolge seiner Schwere sich durchbiegen und einen Meßfehler herbeiführen. Zur Vermeidung desselben ist das Meßband in der Mitte zu unterstützen, oder das Ergebnis um eine Größe zu verbessern, die aus der Durchbiegung des Bandes *h* und aus dessen Bogenlänge $= l$ nach der Formel $\frac{8h^2}{3l}$ berechnet werden kann (Fig. 32).

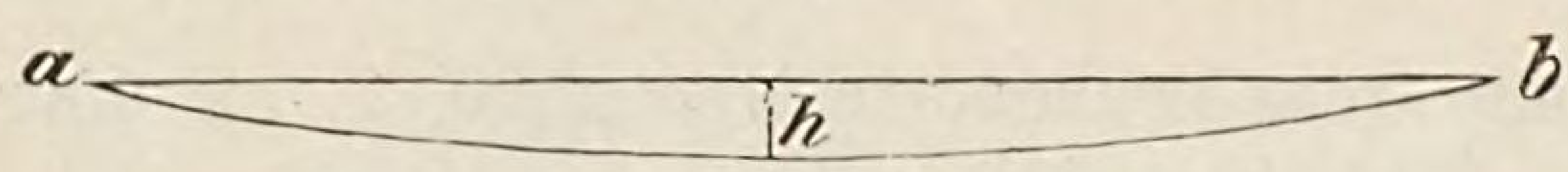


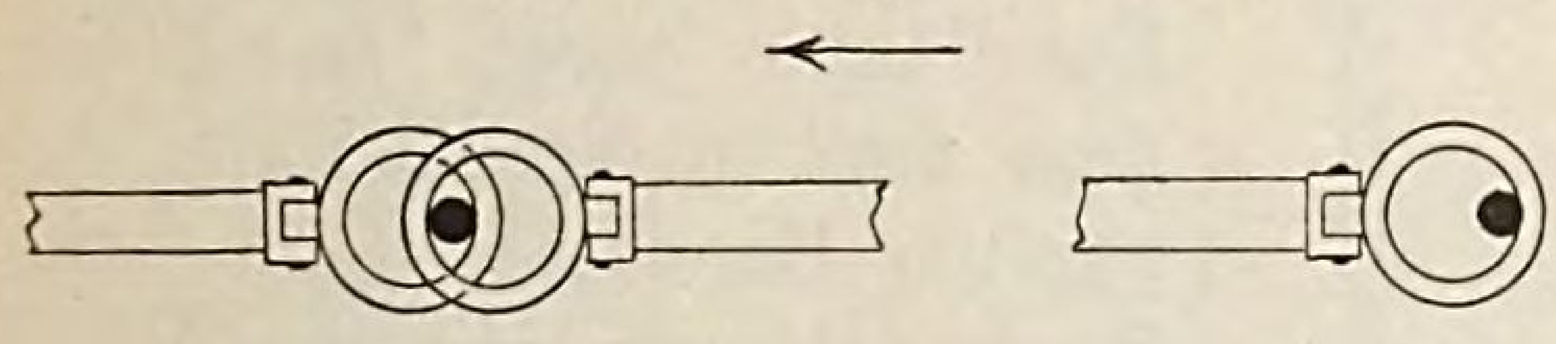
Fig. 32. Durchbiegen des Meßbandes.

Am zweckmäßigsten stellt man durch Versuche die Fehler für bestimmte Längen und Neigungen bei gleicher Temperatur und gleicher Spannung fest. Hierzu müssen 20 und 30 m lange Normalmaße vorhanden sein, die so eingerichtet sind, daß jedes Meßband aufliegend und freischwebend verglichen werden kann. Der Unterschied der Länge zwischen einem freischwebenden und einem aufliegenden Stahlbande von 20 m Länge und 12 mm Breite beträgt bei derselben Temperatur und einer

Spannung von 16 kg etwa 2 mm, bei einem solchen Bande von 20 mm Breite etwa 5 mm. Die der Marke des Spannungsmessers entsprechende Zugkraft ist von Zeit zu Zeit zu prüfen.

Wird der Höhenkreis nicht benutzt und sind die Polygonseiten größer als eine Bandlänge, so mißt man in söhligen Strecken und bei gutem Tragewerke auf der Streckensohle entlang.

Zu diesem Zwecke werden Anfangs- und Endpunkt der Linie auf die Sohle herabgelotet und durch einen in das Tragewerk gesteckten Pfriemen oder Drahtnagel bezeichnet, über den der eine Ring gelegt wird. An die innere Peripherie des Endringes (wo auch der Endpunkt der Zählung liegt) wird ebenfalls ein Nagel geschlagen. Bei der zweiten Bandlänge und bei den folgenden wird, wie die Fig. 33 andeutet, die Dicke des Nagels mit gemessen und ist von der Länge wieder abzuziehen.



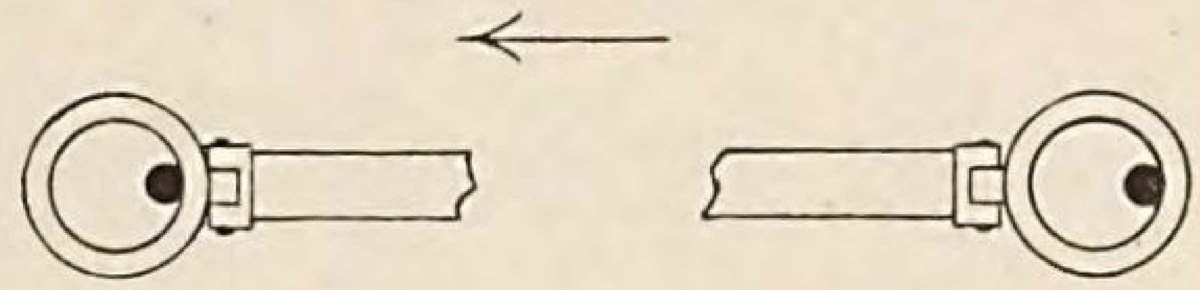


Fig. 33. Fig. 34.
Längenmessen mit dem Meßbande auf der Sohle.

Zur Vermeidung dieser Rechnung kann man das Ende der Zählung an den inneren Rand des Endringes und zwar an die dem Anfang zugewandte Seite, wie Fig. 34 andeutet, verlegen. Die Pfeile in Fig. 33 und 34 zeigen die Messungsrichtung an.

Ist kein gutes Tragewerk vorhanden, oder ist die Grubenstrecke geneigt, so schlägt man Spreizen, deren Abstände der Länge des vorhandenen Bandes entsprechen, und in die Spreizen genau eingefluchtete starke Drahtnägel. Man spannt von Nagel zu Nagel Schnüre, deren Neigung durch den Gradbogen ermittelt worden, und mißt die Schnurlängen mit dem Bande.

Das über Tage benutzte Meßband ist 20 mm breit und 20 m lang, aber im übrigen dem in der Grube gebräuchlichen gleich. Die Zählung beginnt in der Mitte der Endringe. Durch diese werden beim Gebrauch aus Eichenholz gefertigte Stäbe „Meßpfähle“ oder „Bandstäbe“ gesteckt, deren Querschnitt der Ringöffnung genau entspricht und die an ihren oberen Enden kleine Dosenlibellen, am unteren Ende eiserne Spitzen mit eisernem Querriegel zum Auflegen der Bandringe haben.

Das Verfahren beim Messen ist folgendes. Die Endpunkte der zu messenden Linie sind durch Lochpflöcke oder Lochsteine bezeichnet. Nachdem die Bandstäbe durch die Endringe geschoben sind, setzt der Hintermann die Spitze seines Stabes in das Loch des Anfangspunktes und winkt den vom Vordermann geführten Stab in die Richtung der zu messenden Linie ein. Zu diesem Zwecke ist der Endpunkt der Linie durch einen Fluchtstab bezeichnet. Hierauf wird das Band straff gezogen, wobei die beiden Gehilfen mittels der Dosenlibellen den senk-

rechten Stand der Bandstäbe überwachen. Der Endpunkt der Bandlänge wird vom Vordermann durch eine eiserne Zählmarke bezeichnet, die der Hintermann an sich nimmt, sobald er bei fortschreitender Messung die Spitze seines Bandstabes an die Stelle des Zählstäbchens setzt. Solcher Zählstäbe sind zehn im Gebrauch. Bei den folgenden Bandlängen wird der Vordermann sich selbst in die Linie einstellen, da der Anfangspunkt ebenfalls durch einen Richtstab bezeichnet wird.

Ist die Bodenfläche nicht vollständig horizontal, so ist am tieferen Punkte der Ring des Bandes am Stabe nach dem Augenmaße so weit hoch zu schieben, bis das Band wagerecht ist.

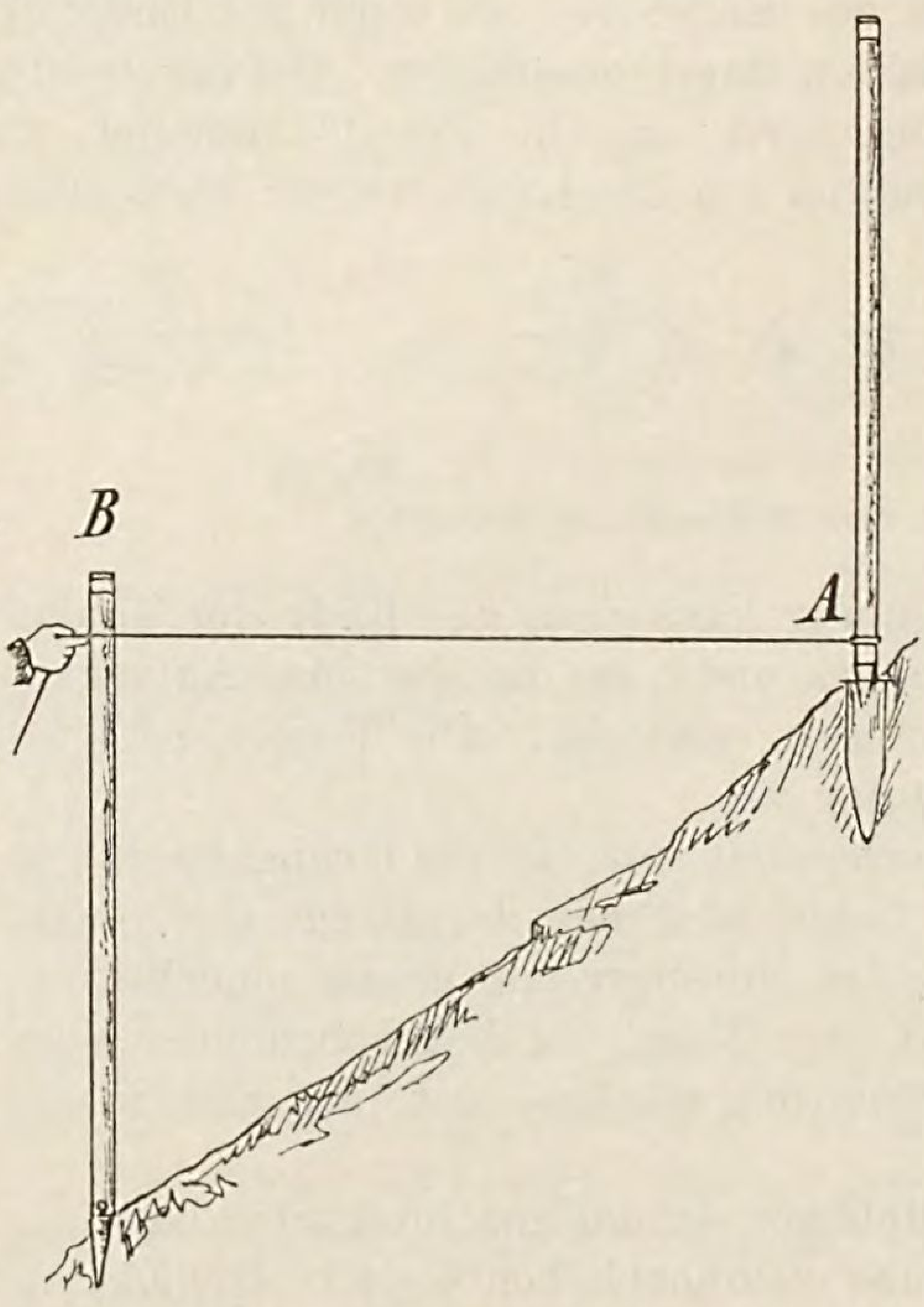


Fig. 35. Längenmessung an steilem Gehänge. Staffelmessung.

Bei sehr steilen Hängen (Fig. 35) kann man oft die ganze Bandlänge nicht ausnutzen, man muß in diesem Falle den zweiten Bandstab *B* aus dem Ringe ziehen und ihn so in der zu messenden Linie aufstellen, daß man die Entfernung mittels des wagerecht gehaltenen Bandes messen kann. Den ersten Ring des Bandes streift man sodann vom Stabe *A* ab, steckt ihn auf den Stab *B*, setzt den Stab *A* in zweckmäßiger Entfernung in die Linie und verfährt wie vorher. Man nennt dies Staffelmessung.

Bei der Koordinatenmethode behufs der Stückvermessung benutzt man mit Vorteil zum Messen der Ordinatenlänge feine auf Rollen aufzuwickelnde Stahlbänder, denen eine Zentimeterteilung aufgeätzt ist.

Das Meßband kann mit Berücksichtigung aller Fehlerquellen zu sehr genauen Basismessungen benutzt werden. Vergl. Jahrbuch für Berg- und Hüttenwesen für das Königreich Sachsen auf das Jahr 1883.

Das Messen einer Basis großer Dreiecksnetze gehört nicht in den Rahmen dieses Buches und ist deswegen weggelassen.

Professor F. Lorber in Leoben hat über die Genauigkeit der Längenmessungen über Tage nach verschiedenen Methoden und mit verschiedenen Instrumenten zahlreiche Versuche angestellt und aus ihnen das Gesetz des mittleren Fehlers entwickelt (Berg- u. hüttenm. Jahrbuch der Bergakademieen zu Leoben, Pribram u. Schemnitz, Band 25 u. 26). Er hat

den Nachweis geliefert, daß bei Längenmessungen die zufälligen Fehler dem theoretischen Fehlerfortpflanzungsgesetze folgen, wonach der mittlere Fehler einer Länge mit der Quadratwurzel aus der Länge zunimmt und folgende Zahlenwerte gefunden:

Für Messungen mit	im günstigen Terrain.	im ungünstigen Terrain.
2 Stück 4 m Latten längs gespannter Schnur	$m = 0{,}000535\sqrt{L}$	$0{,}000535\sqrt{L}$
2 Stück 4 m Latten ohne Schnur .	$m = 0{,}000927\sqrt{L}$	$0{,}0041\sqrt{L}$
Stahlmeßband	$m = 0{,}00216\sqrt{L}$	$0{,}0095\sqrt{L}$

§ 19. Das Abstecken und Ausfluchten von Linien mit vorliegenden Hindernissen wird meistens gelöst durch praktische Anwendung von Sätzen aus der Planimetrie. Die Lösungen sind mannigfaltig. Hier mögen nur einige Platz finden.

Die Linie AB soll jenseit eines undurchsichtigen und undurchschreitbaren Hindernisses verlängert werden.

1. Man kann das Hindernis durch die beiden gleich langen Normalen BD und EF umgehen, wie Fig. 36 andeutet, oder

2. Man errichtet in A und B zwei gleich lange Normalen AC und BD, verlängert die Linie CD am Hindernis vorbei und errichtet hinter demselben wieder zwei Normalen, die mit AC gleiche Länge haben (Fig. 36).

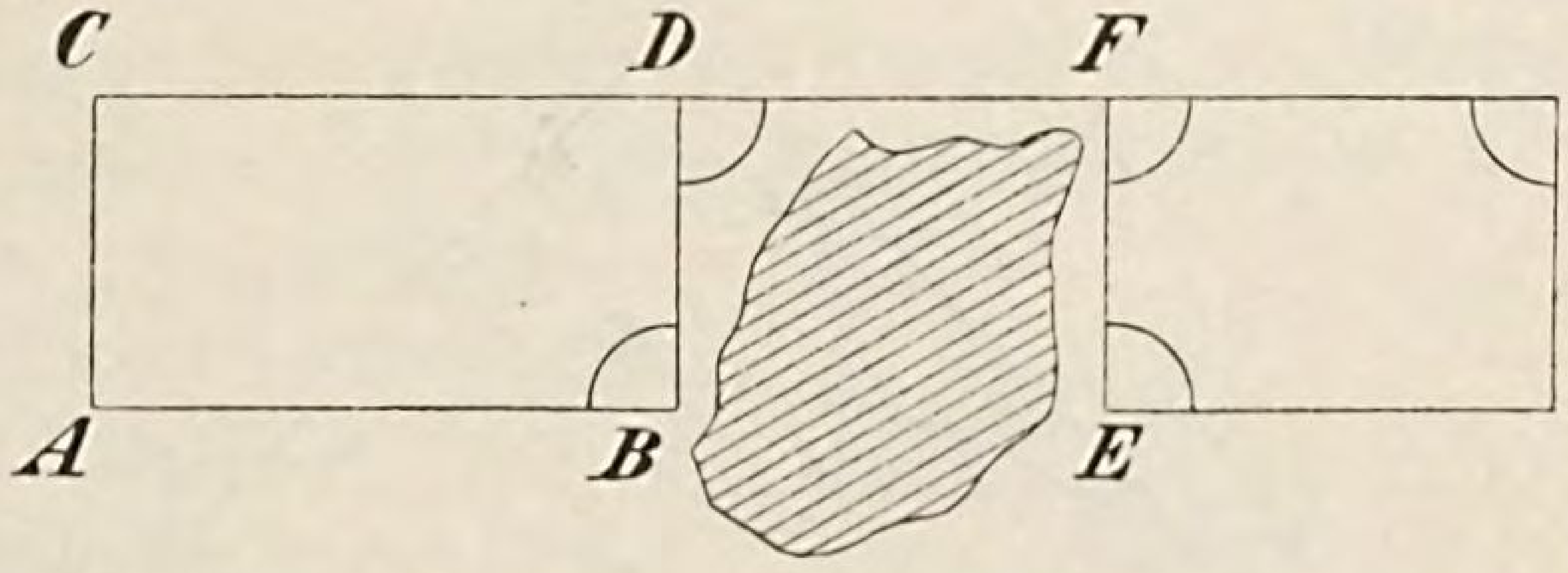


Fig. 36. Abstecken von Linien mit Hindernissen.

3. Man fluchtet von A ab eine Linie AG aus, die am Hindernis vorbeigeht, auf ihr sucht man den Fußpunkt E des Perpendikels BE. Sodann errichtet man jenseits des Hindernisses die Perpendikel $CF = \frac{AF \cdot BE}{AE}$ und $DG = \frac{AG \cdot BE}{AE}$ (Fig. 37).

4. Die Punkte A und B der auszufluchtenden Linie sind gegeben. Die Längen der vom gewählten Punkte M ausgehenden Linien MA, MB werden gemessen. Auf MB trägt man $MF = \frac{EM \cdot MB}{AM}$ ab, verlängert EF bis G und H und mißt MG und MH, dann verlängert man MG um $GC = \frac{MG \cdot AE}{EM}$ und MH um $HD = \frac{MH \cdot AE}{ME}$. Die Punkte C und D liegen in der Verlängerung von AB (Fig. 38).

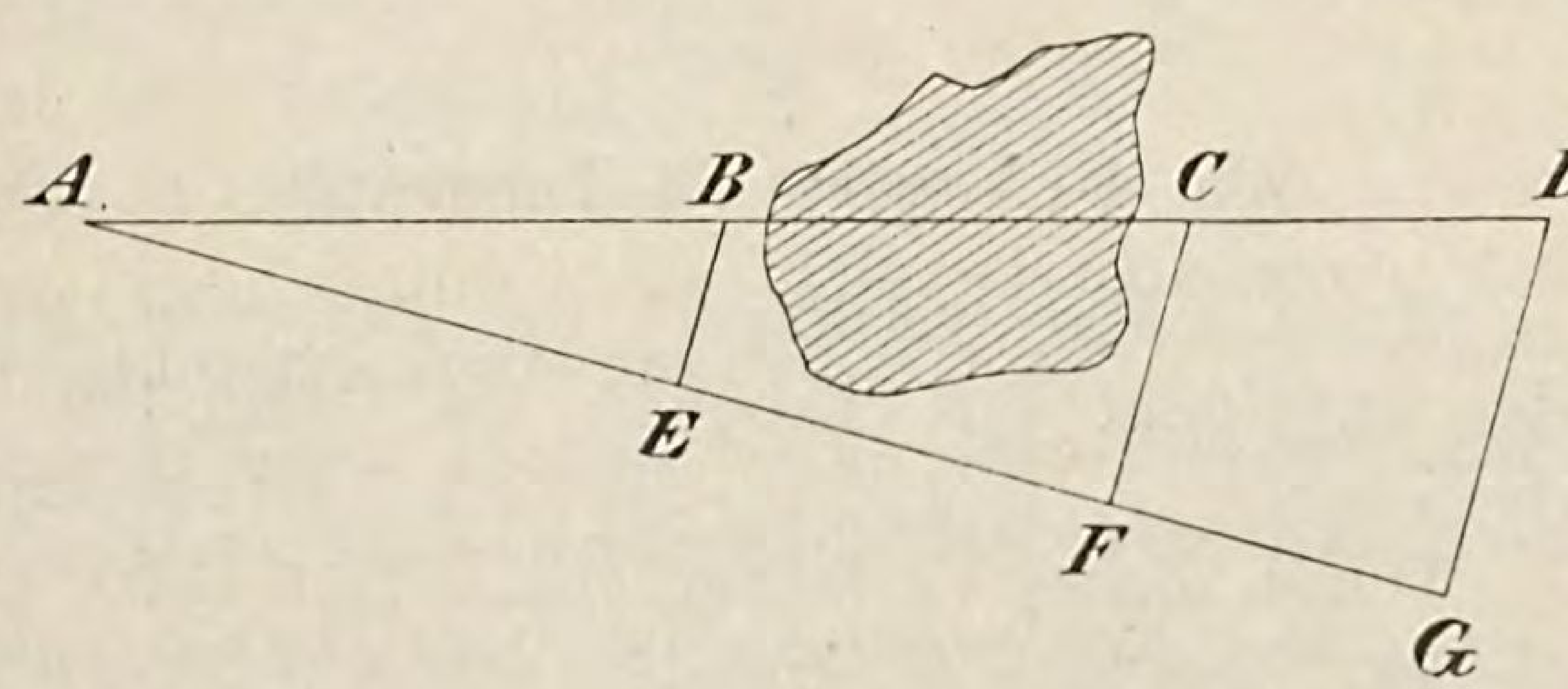


Fig. 37. Abstecken von Linien mit Hindernissen.

Beim Ausfluchten von Linien durch Waldbestände thut eine Bussole gute Dienste.

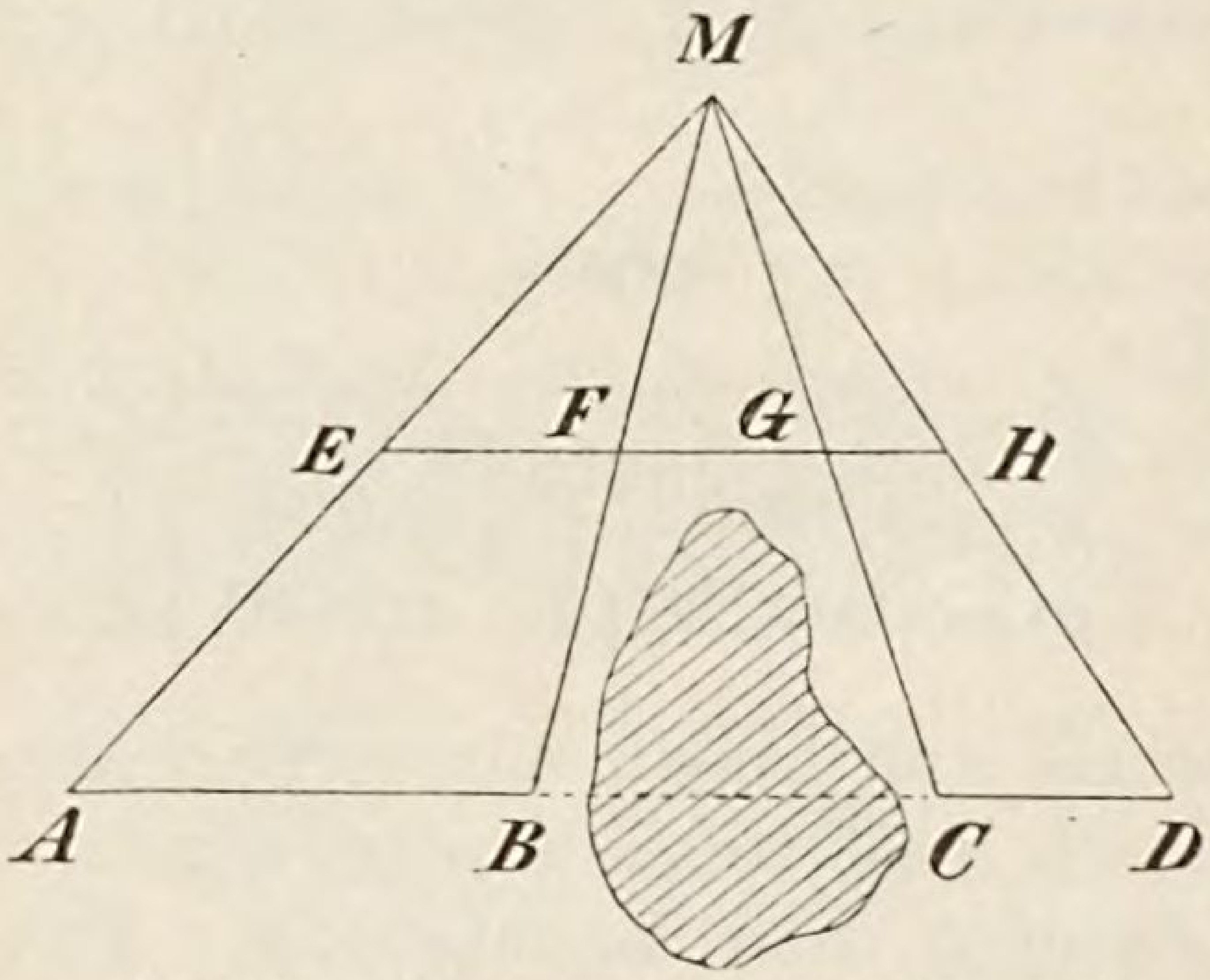


Fig. 38. Abstecken von Linien mit Hindernissen.

Sehr lange Linien werden zweckmäßig des Nachts mit Lichtsignalen ausgefluchtet, bei Waldbestand sind Zeichen durch Raketen zu geben u. dergl.

§ 20. Das Abstecken von Kreiskurven. Die Anlage von kleinen Grubenbahnen giebt dem Markscheider Gelegenheit, das Abstecken von Kreisbogen anzuwenden. Die gerade Bahnlinie $A_1 A$ soll durch einen Kreisbogen in die Richtung $C C_1$ übergeführt werden. Durch unmittelbare Messung oder durch Rechnung aus einzelnen gemessenen Stücken lassen sich ermitteln: 1. Die Länge des Krümmungsradius $r = AM = MC$. 2. Der Winkel 2α, den die beiden Tangenten $A_1 A$ und $C_1 C$ einschließen. 3. Der Winkel 2β, den die beiden Radien der Berührungspunkte A und C einschließen. 4. Die Längen der Linien AF, DF, AB und des Bogens ADC.

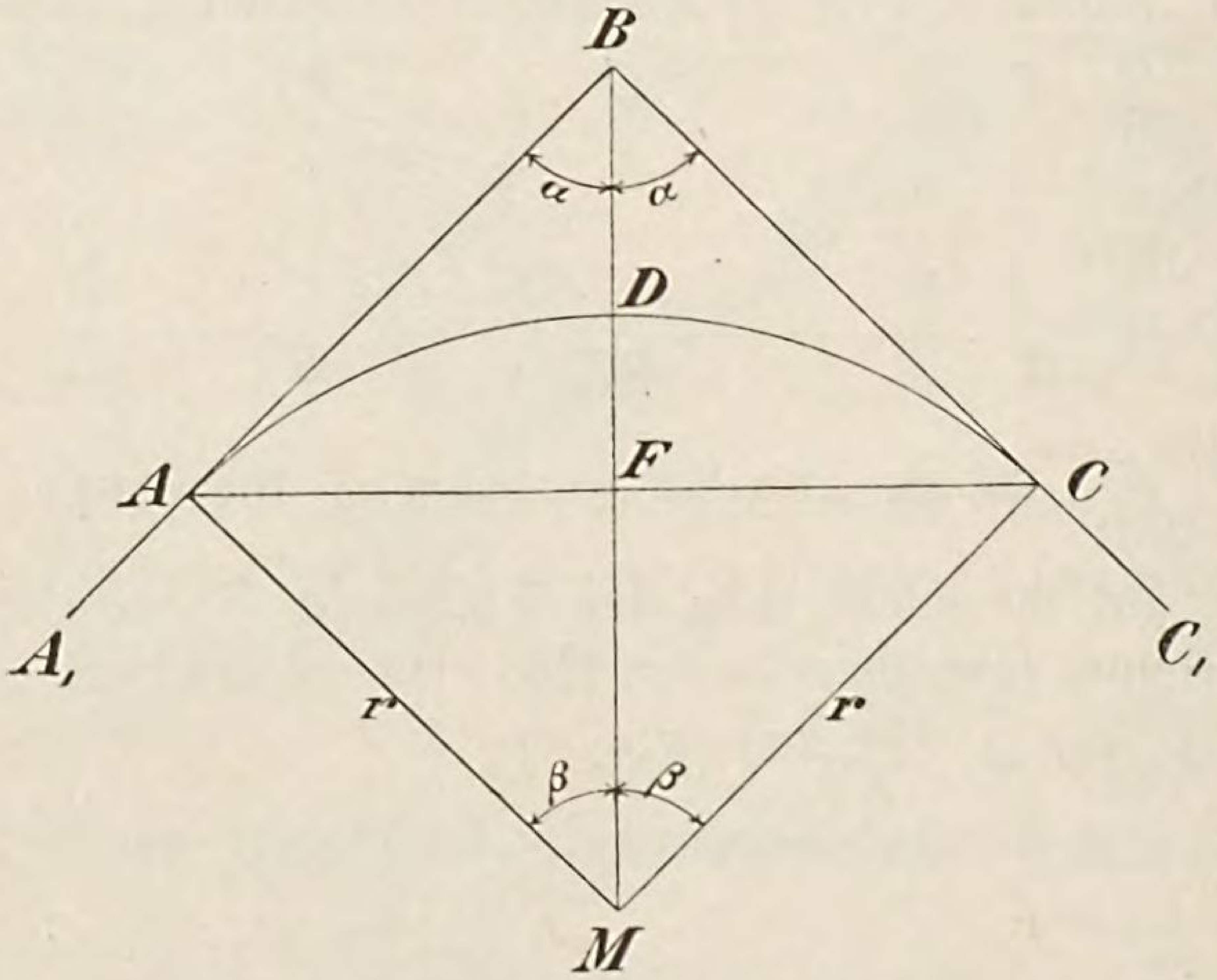


Fig. 39. Abstecken von Kreiskurven.

Das Abstecken der Kreislinie kann auf verschiedene Weise erfolgen.

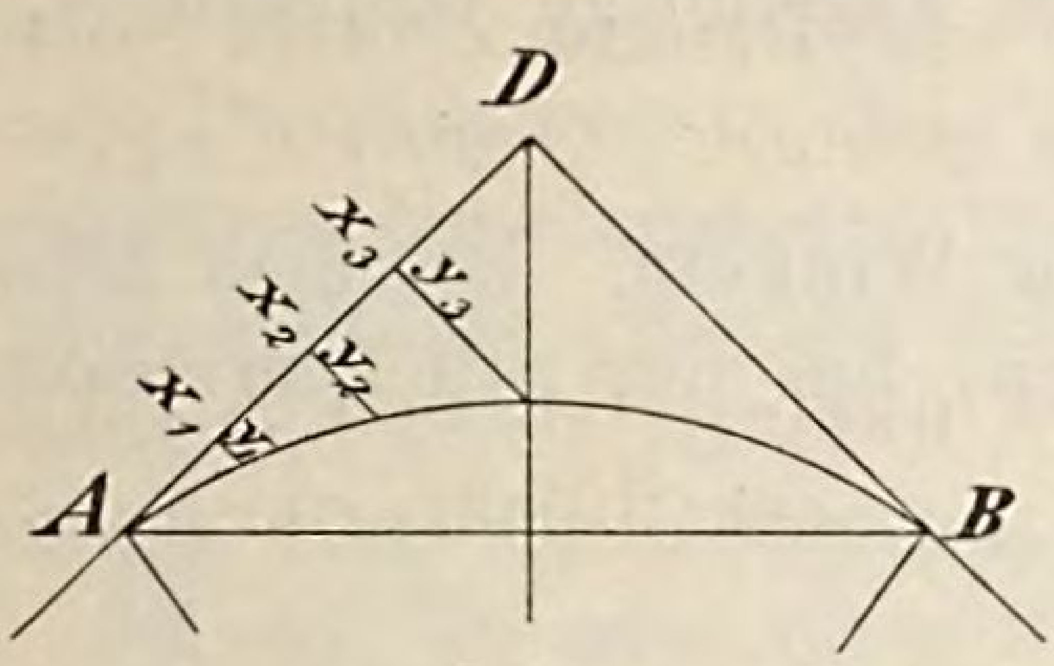
Die wichtigsten Methoden sind 1. nach rechtwinkeligen Koordinaten, 2. nach Polarkoordinaten, 3. nach dem Sehnenverfahren.

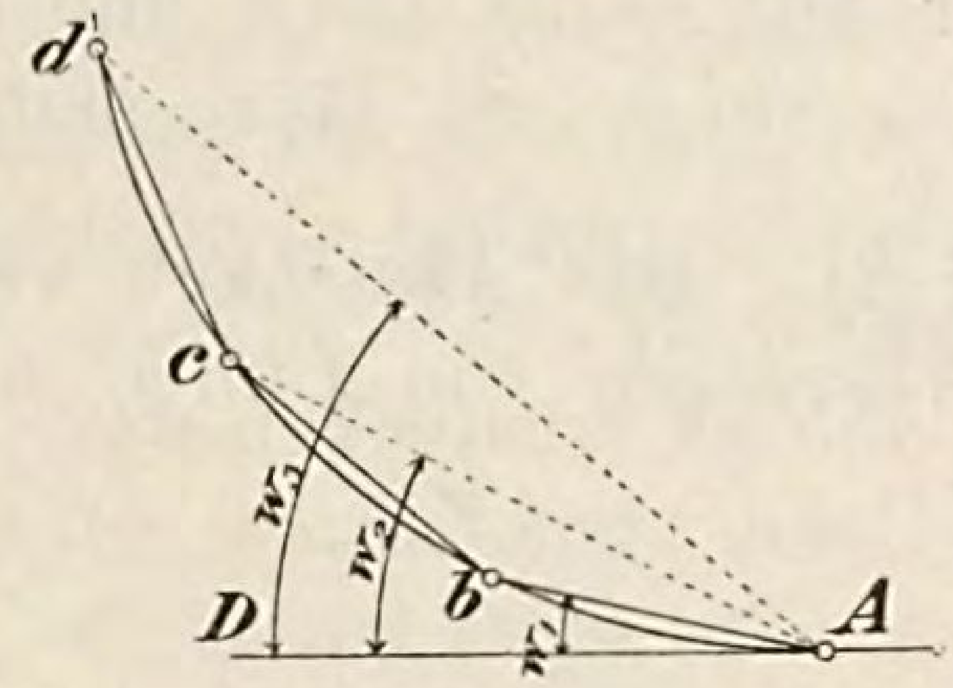
Zu 1. Man verlängert die Tangente AD (Fig. 40) und berechnet oder entnimmt aus Tabellen die Ordinaten y^1, y^2, y_3 u. s. w. zu den Abszissen x_1, x_2, x_3 u. s. w., die vom Anfangspunkte A abgemessen werden.

Durch dieses Verfahren erhält man keine gleich langen Bogenstücke, was aus praktischen Gründen wünschenswert ist.

Zu 2. Die Absteckung der Kreisbögen durch Polarkoordinaten beruht auf dem Satze, daß die auf gleichen Bögen stehenden Peripheriewinkel eines Kreises unter sich gleich und gleich den halben auf denselben Bögen stehenden Zentriwinkeln sind.

Bei Anwendung des Verfahrens benutzt man am zweckmässigsten Tabellen, z. B. die von Sarrazin und Overbeck oder die von Elb, aus denen man für jeden Radius und für jede Länge eines Bogenstückes die erforderlichen Zahlen entnehmen kann.





Abstecken von Kurven.
Fig. 40. Nach rechtwinkeligen Koordinaten. Fig. 41. Nach Polarkoordinaten.

Man stellt den Theodoliten in A auf (Fig. 41) und bringt zunächst das Fernrohr in die verlängerte Tangente AD, sodann dreht man das Rohr um den Winkel w^1, der zu dem vorliegenden Radius und zu der gewählten konstanten Bogenlänge Ab gehört. Hierauf mißt man in dieser Richtung die Sehnenlänge Ab und bestimmt so den ersten Bogenpunkt b. Darauf dreht man das Fernrohr so, daß es um den Winkel w_2 aus der Tangentenrichtung abweicht und mißt die Länge Ac in dieser Richtung. Dadurch erhält man den zweiten Kurvenpunkt c. Darauf ist für die Richtung des Fernrohres der Winkel w_3 maßgebend u. s. w.

Das Messen langer Sehnen ist unbequem. Statt dessen verfährt man folgendermaßen. Man schlägt aus dem ersten Punkte b einen Bogen mit der konstanten Länge $bc = Ab$ und bestimmt mit dem auf w_2 eingestellten Fernrohr auf diesem Bogen den Punkt c. Um den Punkt c schlägt man wieder einen Bogen mit demselben Radius und bestimmt mit Hilfe des auf w_3 eingestellten Fernrohres den Punkt d u. s. w. Stellen sich Hindernisse in die Sehnenrichtungen, so betrachtet man einen schon abgesteckten Kurvenpunkt als Anfangspunkt, von dem aus die Richtung der Tangente leicht bestimmt werden kann.

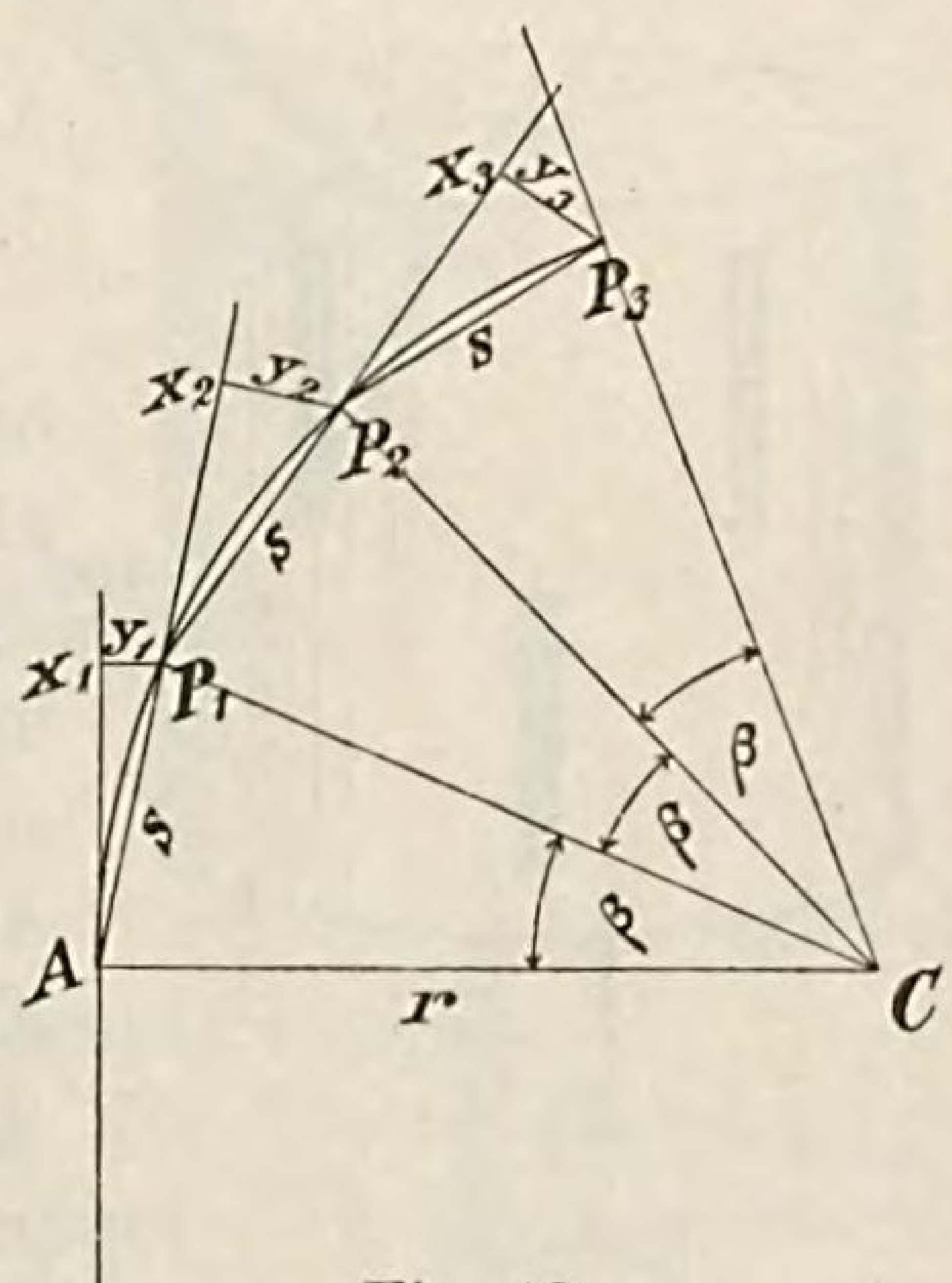


Fig. 42.
Nach dem Sehnenverfahren.

Zu 3. Das Sehnenverfahren ist folgendes. Man berechnet aus dem gegebenen Radius r und dem Zentriwinkel β, der zu der Länge des abzusteckenden konstanten Bogenstückes gehört, zunächst die Sehne $s = 2r \sin\frac{\beta}{2}$ und dann die Grössen $s.\sin\frac{\beta}{2}$ und $s.\cos\frac{\beta}{2}$, sowie $s.\sin\beta$ und $s.\cos\beta$.

Vom Berührungspunkte A (Fig. 42) der Kurve mißt man in der Verlängerung der Tangente die Länge $x_1 = s\cos\frac{\beta}{2}$ ab und errichtet auf

dem Endpunkte die Ordinate $y_1 = s \,.\, \sin\frac{\beta}{2}$, sodann verlängert man die Sehne AP_1 um $x_2 = s \,.\, \cos\beta$ und errichtet auf dem Endpunkte die Ordinate $y_2 = s \,.\, \sin\beta$. Die Sehne vom Punkt 1 bis zum Punkte 2 verlängert man wieder um $x_3 = s \,.\, \cos\beta$ und macht die zugehörige Ordinate y_3 wieder gleich $s \,.\, \sin\beta$. So fährt man fort.

§ 21. **Das Abstecken von rechten Winkeln.** Bei dem Ausfluchten und Abstecken von Linien und Kurven, bei der Stückvermessung und

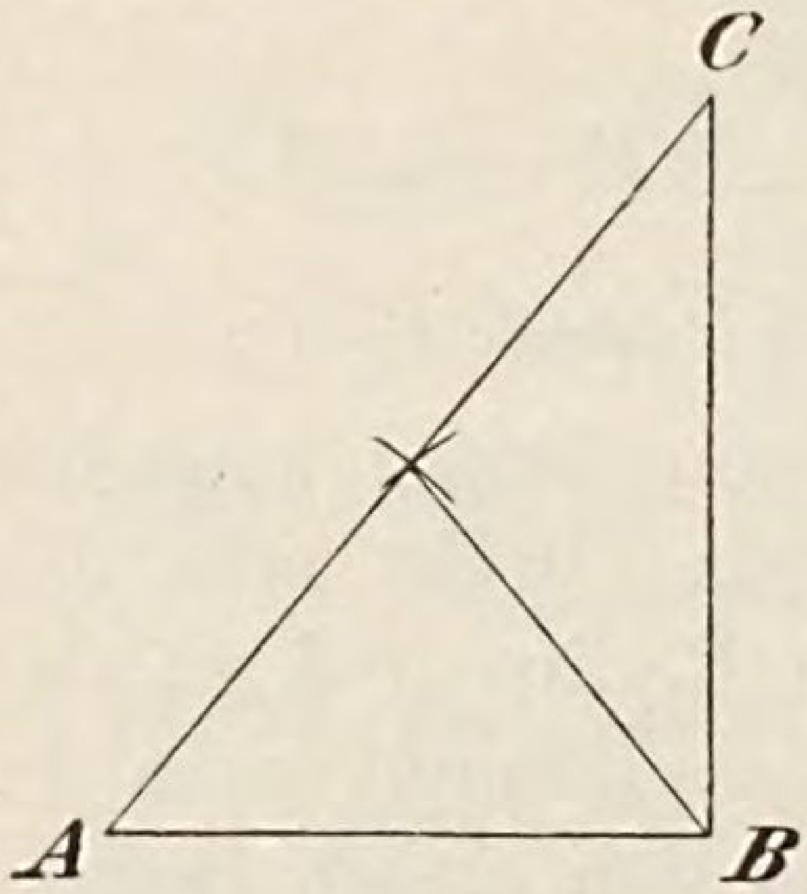


Fig. 43.

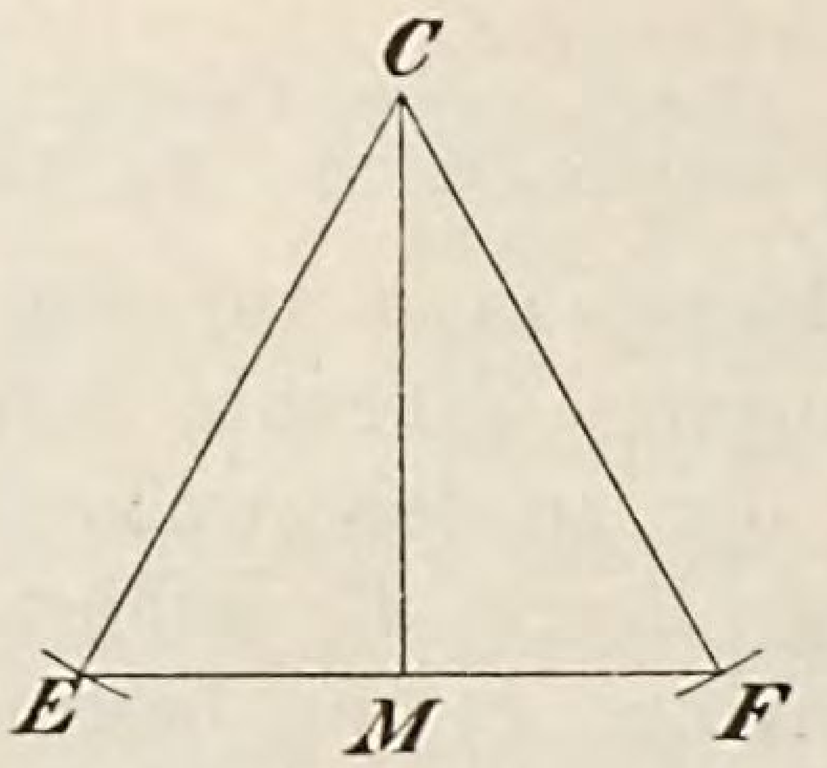


Fig. 44.

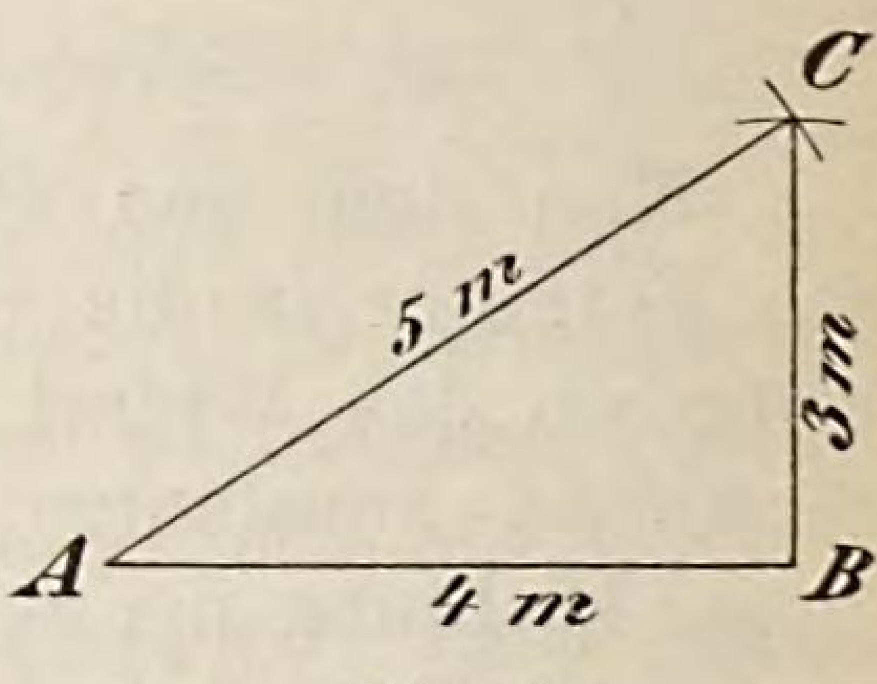


Fig. 45.

Das Fällen von Perpendikeln mit Hilfe des Meßbandes.

der Grundstückteilung ist das Fällen und Errichten von Perpendikeln, d. h. das Abstecken von rechten Winkeln sehr häufig erforderlich.

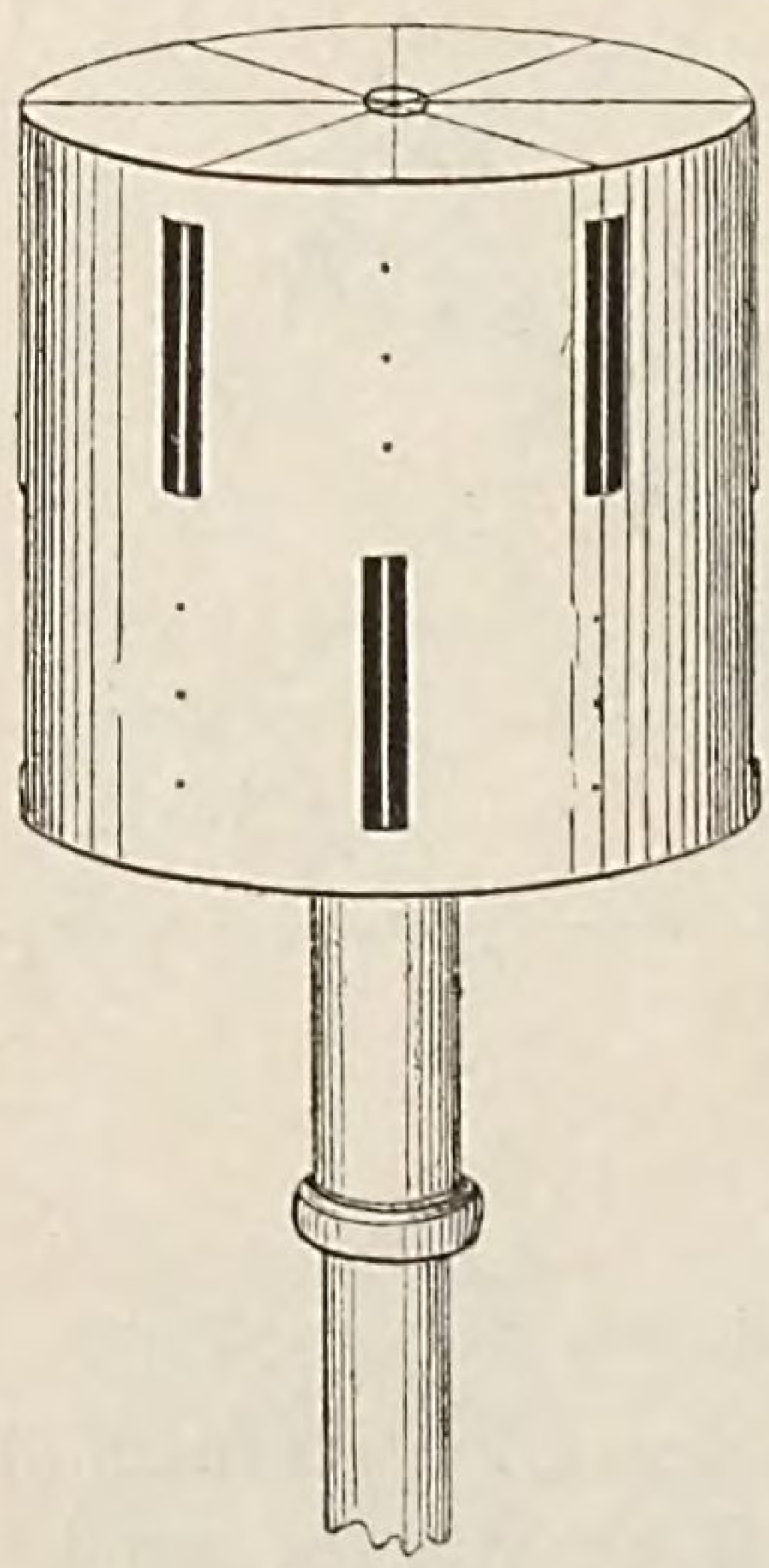


Fig. 46.
Die Winkeltrommel.

Man führt dieses Abstecken aus 1. nach dem Augenmaße, 2. mit Hilfe eines Meßbandes u. dergl., 3. mit Hilfe von besonderen Instrumenten.

Zu 1. Bei kurzen Entfernungen, wie sie z. B. bei den Messungen in der Grube vorkommen, genügt das Augenmaß.

Zu 2. Mit dem Meßbande fällt und errichtet man Perpendikel durch Konstruktion von gleichschenkeligen oder rechtwinkeligen Dreiecken. Die Anwendung des gleichschenkeligen Dreiecks zum Errichten eines Perpendikels BC auf der Linie AB zeigt Fig. 43 und die zum Fällen eines Perpendikels CM auf die Linie EF zeigt Fig. 44. Aus Fig. 45 ist die Anwendung des rechtwinkeligen Dreiecks zum Errichten des Perpendikels BC auf AB angedeutet.

Zu 3. Die Instrumente zum Abstecken rechter Winkel sind:

Der Winkelkopf oder die Winkeltrommel, der Winkelspiegel und das Winkelprisma.

Die Einrichtung der Winkeltrommel ist aus Fig. 46 ersichtlich. Durch gegenüberliegende Spalten und Löcher sind in der Richtung

verschiedener Durchmesser Sehlinien gegeben, die sich unter 90 oder 45 Grad schneiden.

Zum Gebrauch wird der Winkelkopf mittels der Hülse auf einen Stock gesteckt und nach dem Augenmaß oder nach einer Dosenlibelle senkrecht aufgestellt. Behufs Errichtung eines Perpendikels auf einer Linie bringt man einen Durchmesser in diese Linie und steckt die Richtung des darauf rechtwinkeligen Durchmessers, indem man durch die entsprechende Spalte blickt, durch Pfähle ab. Die Genauigkeit eines mit der Winkeltrommel abgesteckten Winkels ist etwa 5 Minuten. Der mögliche Fehler in der Bestimmung eines Ordinatenendpunktes ist bei einer Länge der Ordinate von 20, 30, 40, 50 oder 60 m bezw. 3, 4, 6, 7 und 9 cm.

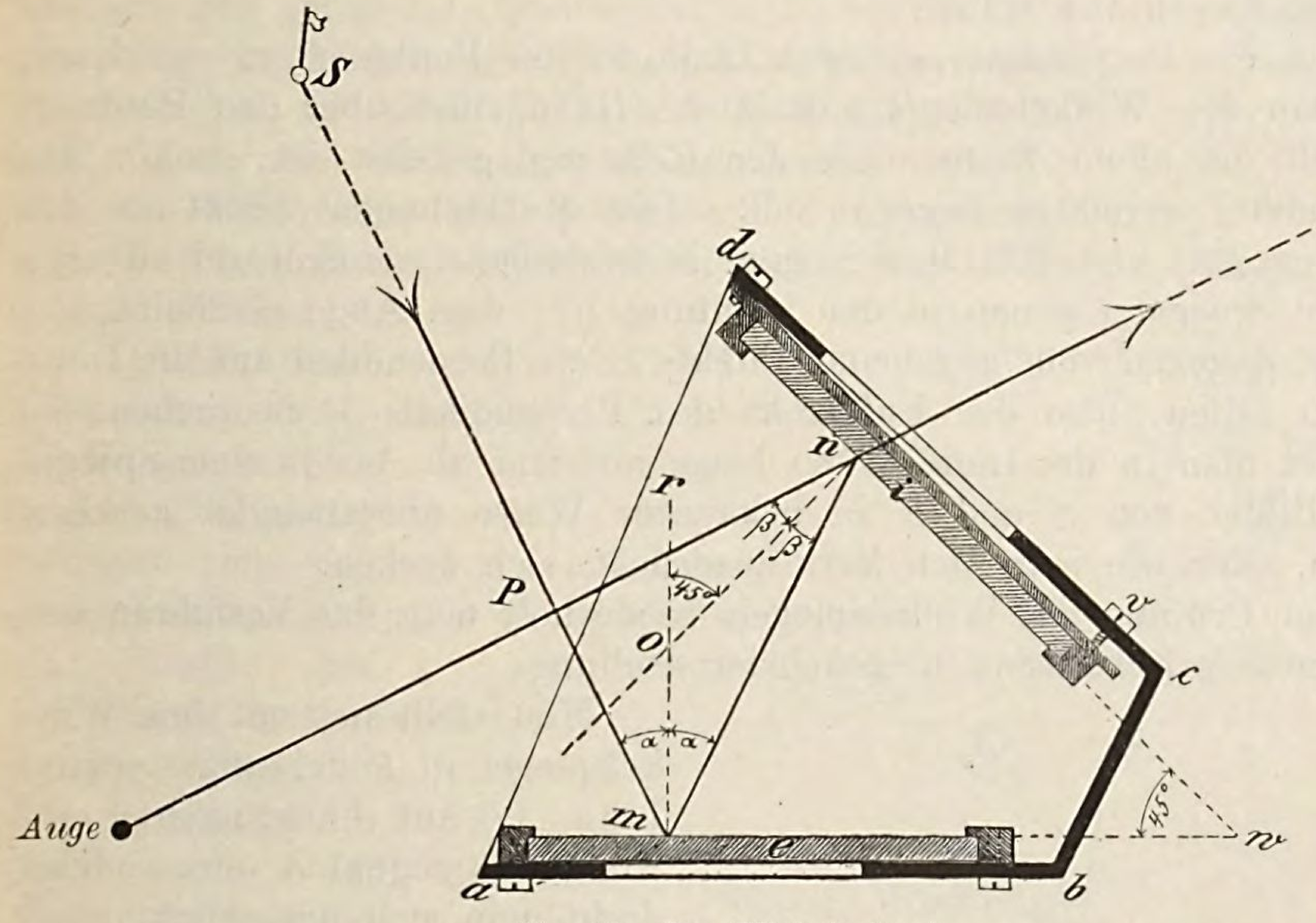


Fig. 47. Der Winkelspiegel.

Der Winkelspiegel. Das zweite Instrument ist der Winkelspiegel, von dem Fig. 47 einen Querschnitt von oben gesehen giebt.

An den Seitenflächen *ab* und *dc* eines in der Figur schwarz gezeichneten Messinggehäuses *abcd* sind zwei Spiegel *e* und *i* angebracht, von denen der eine festsitzt, der andere mittels eines Schräubchens *v* so lange gedreht werden kann, bis beide Spiegel genau 45° gegeneinander geneigt sind. Das Messinggehäuse ist nach der Seite *ad* offen und oben und unten mit Deckplatten geschlossen, in welche ein Griff eingeschraubt werden kann. Die Spiegel *e* und *i* nehmen nur die halbe Höhe der Seitenflächen ein, die andere Hälfte derselben ist durchbrochen, so daß, wenn das Auge in der Richtung PS_1 blickt, es zugleich in den Spiegel *i* und über ihn hinweg durch die Öffnung der Seitenfläche *dc* sehen kann.

Fällt zugleich vom Signal *S* ein Lichtstrahl auf den Punkt *m* des

Spiegels e, so wird dieser Strahl in der Richtung mn auf den zweiten Spiegel i und von diesem wieder in der Richtung nP*Auge* zurückgeworfen. Das Auge sieht die gespiegelte Signalstange S und durch die Öffnung blickend die Signalstange S_1 übereinander in einer senkrechten Linie.

Wenn die Spiegel genau 45^0 gegeneinander geneigt sind, so ist der Winkel SPS_1 ein rechter.

Beweis. Da $rm \perp mv$ und $on \perp nw$, so muß $\sphericalangle ron = \sphericalangle mwn$ sein. Als Außenwinkel ist $\sphericalangle ron = \alpha + \beta$ und aus gleichem Grunde ist $\sphericalangle SPS_1 = 2\alpha + 2\beta$, folglich ist $SPS_1 = 2 \sphericalangle ron$ und, wenn letzterer gleich 45 Grad ist, gleich einem Rechten.

Der Gebrauch des Winkelspiegels ergiebt sich aus den vorstehenden Entwickelungen von selbst.

Um ein Perpendikel auf der Linie PS im Punkte P zu errichten, hält man den Winkelspiegel mittels des Handgriffes über den Punkt P so, daß die offene Seite nach der Richtung gekehrt ist, wohin das Perpendikel errichtet werden soll. Der Markscheider blickt in der Richtung PS_1 und läßt das Singnal S so lange verstellen, bis dessen Bild im Spiegel i genau in der Richtung PS_1 dem Auge erscheint.

Ist dagegen vom gegebenen Punkte S ein Perpendikel auf die Linie PS_1 zu fällen, also der Fußpunkt des. Perpendikels P zu suchen, so schreitet man in der Linie PS so lange auf und ab, bis in dem Spiegel i die Bilder von S und S' in bekannter Weise übereinander gesehen werden, oder wie man sich kurz ausdrückt, sich decken.

Zur Prüfung des Winkelspiegels wiederholt man das Verfahren des Perpendikelerrichtens in umgekehrter Stellung.

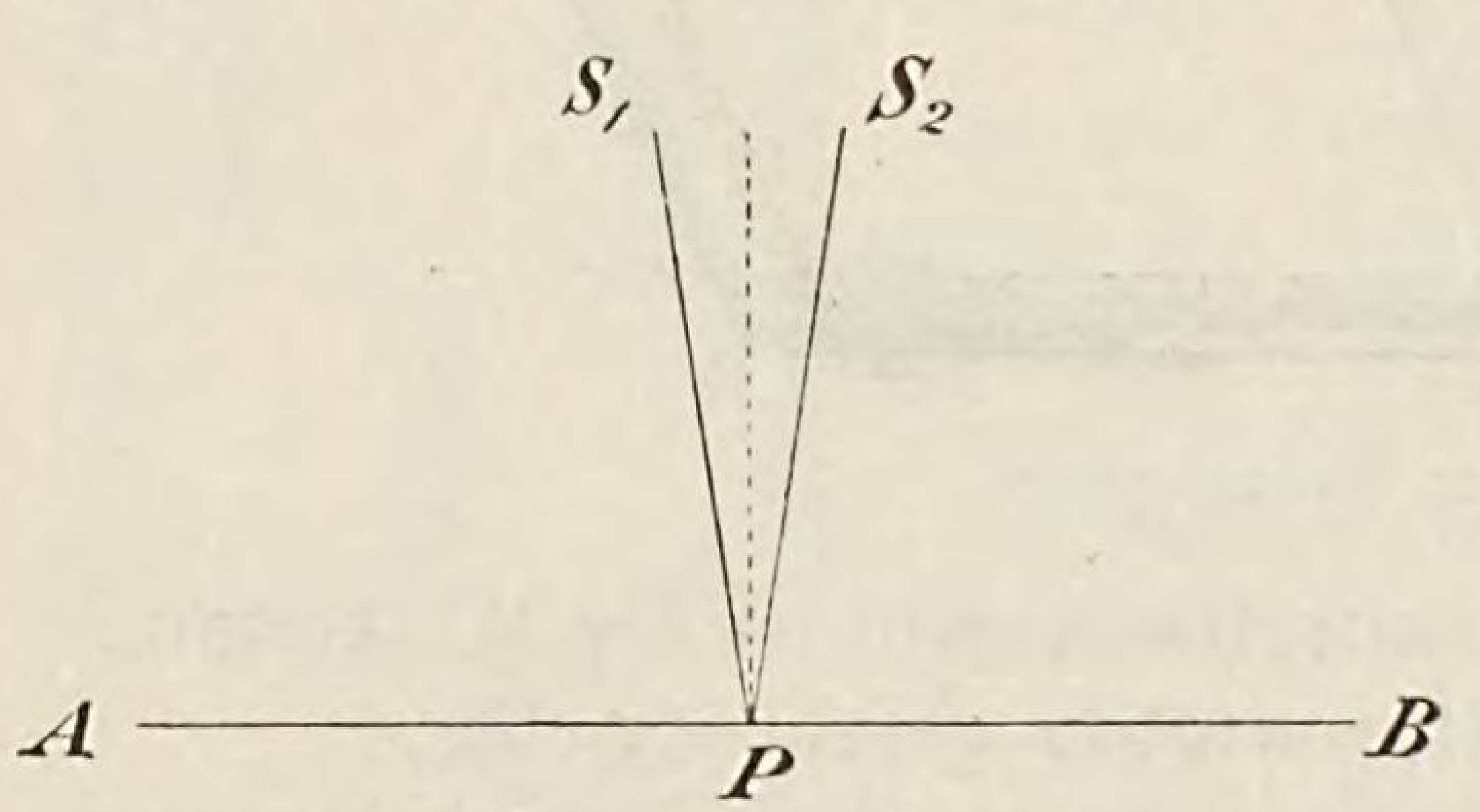


Fig. 48. Prüfung des Winkelspiegels.

Man stellt sich mit dem Winkelspiegel in P der abgesteckten Linie AB auf, blickt nach A und winkt das Signal S_1 ein, sodann dreht man sich um, blickt nach B und winkt nochmals das Signal S_2 ein. Fallen die beiden Signale S_1 und S_2 auf einen Punkt, so ist der Winkelspiegel richtig. Im anderen Falle (Fig. 48) steckt man einen Pfahl S in die Mitte zwischen S_1 und S_2 und ändert so lange die Spiegelstellung, bis die Bilder B und S, bezw. A und S in dem über P gehaltenen Winkelspiegel in bekannter Weise sich decken.

Die Genauigkeit eines mit dem Winkelspiegel abgesteckten Rechten beträgt etwa ± 4 Minuten. Der mögliche Fehler in der Bestimmung eines Punktes ist bei einer Ordinatenlänge von 20, 30, 40, 50, 60 m bezw. 2, 3, 5, 6 und 7 cm.

Das dritte Instrument zum Abstecken rechter Winkel ist das Winkelprisma. Ein Glasprisma von etwa 8 mm Höhe, dessen Querschnitt

ein gleichschenkelig rechtwinkeliges Dreieck von 20 mm Kathetenlänge ist, ist in eine Messingfassung gesetzt, so daß die Kathetenflächen frei bleiben, die Hypotenusenfläche sowie die obere und untere Fläche des Prismas bedeckt sind. In die Deckflächen ist ein Handgriff eingeschraubt (Fig. 49).

Fällt ein Lichtstrahl *Ab* (Fig. 50) nahe am rechten Winkel so auf eine Kathetenfläche, daß er nach dem spitzen Winkel zu vom Einfallslot abweicht (also nahezu parallel der Hypotenusenfläche verläuft), so ist sein Weg durch das Prisma $AbcdeA_1$. In *b* wird der Strahl gebrochen. Der Einfallswinkel ist i_1, der Brechungswinkel i_2. Im Punkte *c* wird der von *b* herkommende Strahl total reflektiert und gegen die Hypotenusenfläche im Punkte *d* geworfen, wo er mit geringem Helligkeitsverlust gespiegelt und mit dem Einfallswinkel i_2 auf die Kathetenfläche trifft. Dort wird der Strahl wieder gebrochen und tritt mit dem Brechungswinkel i_1 wieder aus und gelangt nach A_1.

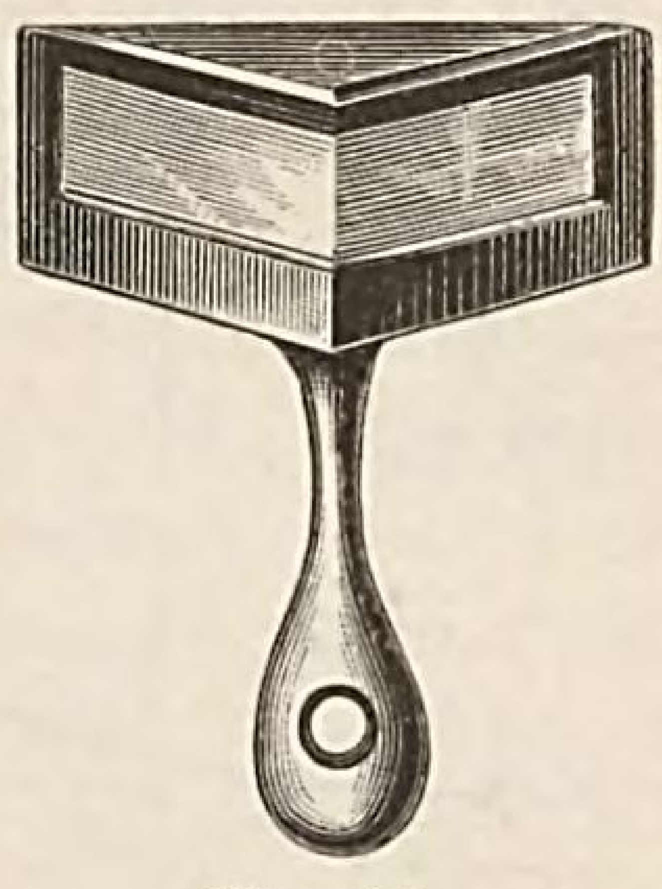


Fig. 49.
Winkelprisma.

Die Verlängerung des Strahles *Ab* schneidet den Strahl eA_1 unter einem rechten Winkel.

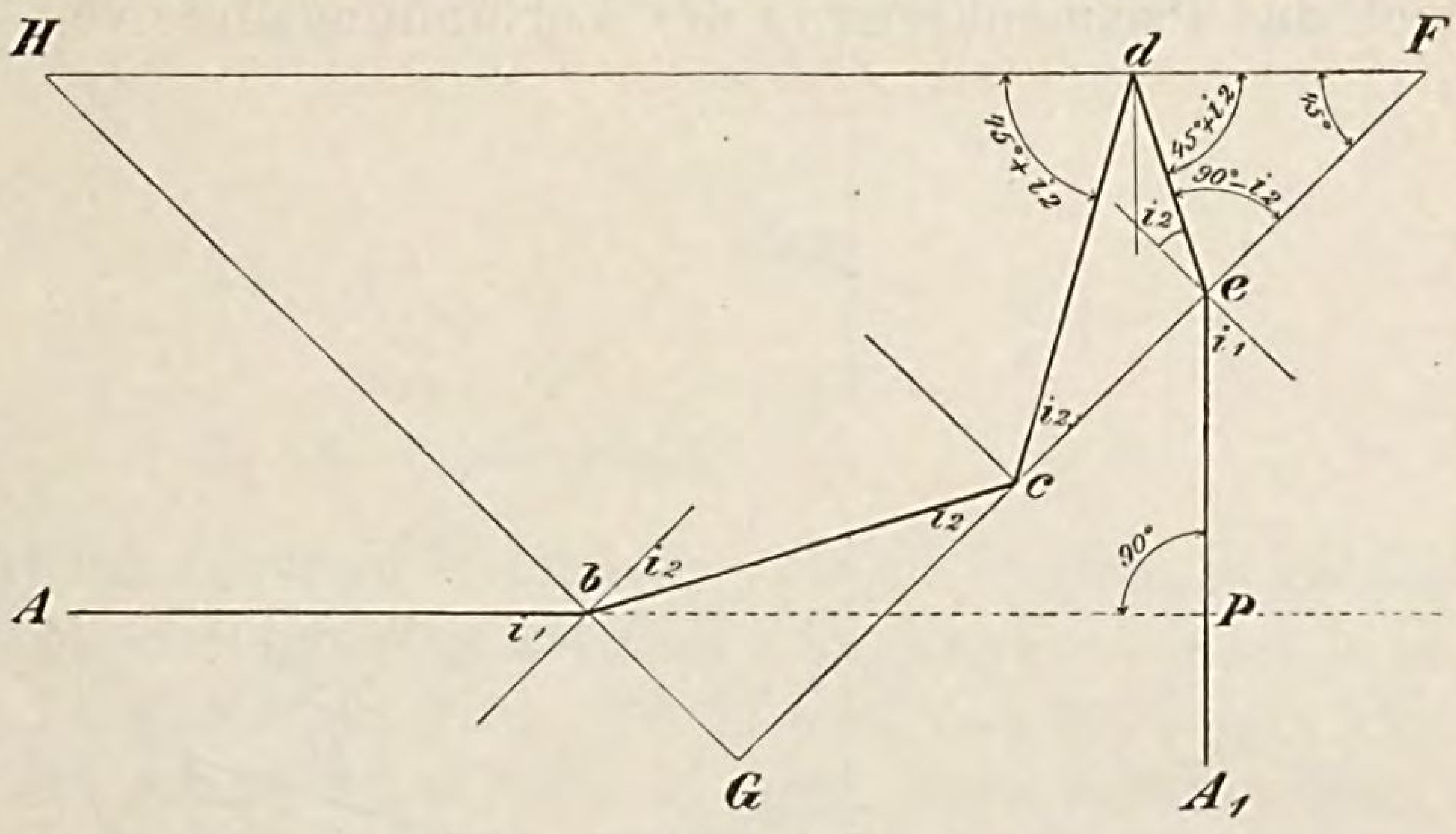


Fig. 50. Winkelprisma.

Der Beweis ergiebt sich aus den in die Figur geschriebenen Winkeln. Befindet sich das Auge in *A*, so wird ein Strahl, der von einem ausgesteckten Signal in der Richtung A_1e auf die zweite (dem Auge abgewandte) Kathetenfläche fällt, um 90 Grad abgelenkt ins Auge bei *A* gelangen. Ist dagegen das Auge in A_1 und blickt in der Richtung A_1e, d. h. angenähert rechtwinkelig zur Hypotenusenfläche und nahe am spitzen Winkel, so wird ein aus *A* in der Richtung *Ab* kommender Strahl um 90 Grad abgelenkt in das Auge bei A_1 gelangen.

Der Gebrauch des Winkelprismas ergiebt sich hieraus von selbst. Entweder hält man das Prisma so, daß der Blick nahe am rechten Winkel ungefähr parallel der Hypotenuse oder nahe an einem spitzen Winkel angenähert rechtwinkelig zur Hypotenuse eintritt. Das Auge muß zugleich über das Prisma hinwegsehen und ein in der Richtung *Ab* bezw. A_1e befindliches Signal mit dem Bilde aus A_1 bezw. *A* zur Deckung bringen. Die Genauigkeit entspricht der des Winkelspiegels.

Das Prismenkreuz.

Legt man zwei ganz gleiche solcher Glas-Prismen übereinander, so daß

die Hypotenusenflächen sich rechtwinkelig schneiden und zwei Kathetenflächen genau übereinander in einer Ebene liegen, im übrigen wie beim Winkelprisma die Hypotenusenflächen durch die Metallfassung verdeckt werden und die Kathetenflächen frei bleiben, so entsteht das Prismenkreuz.

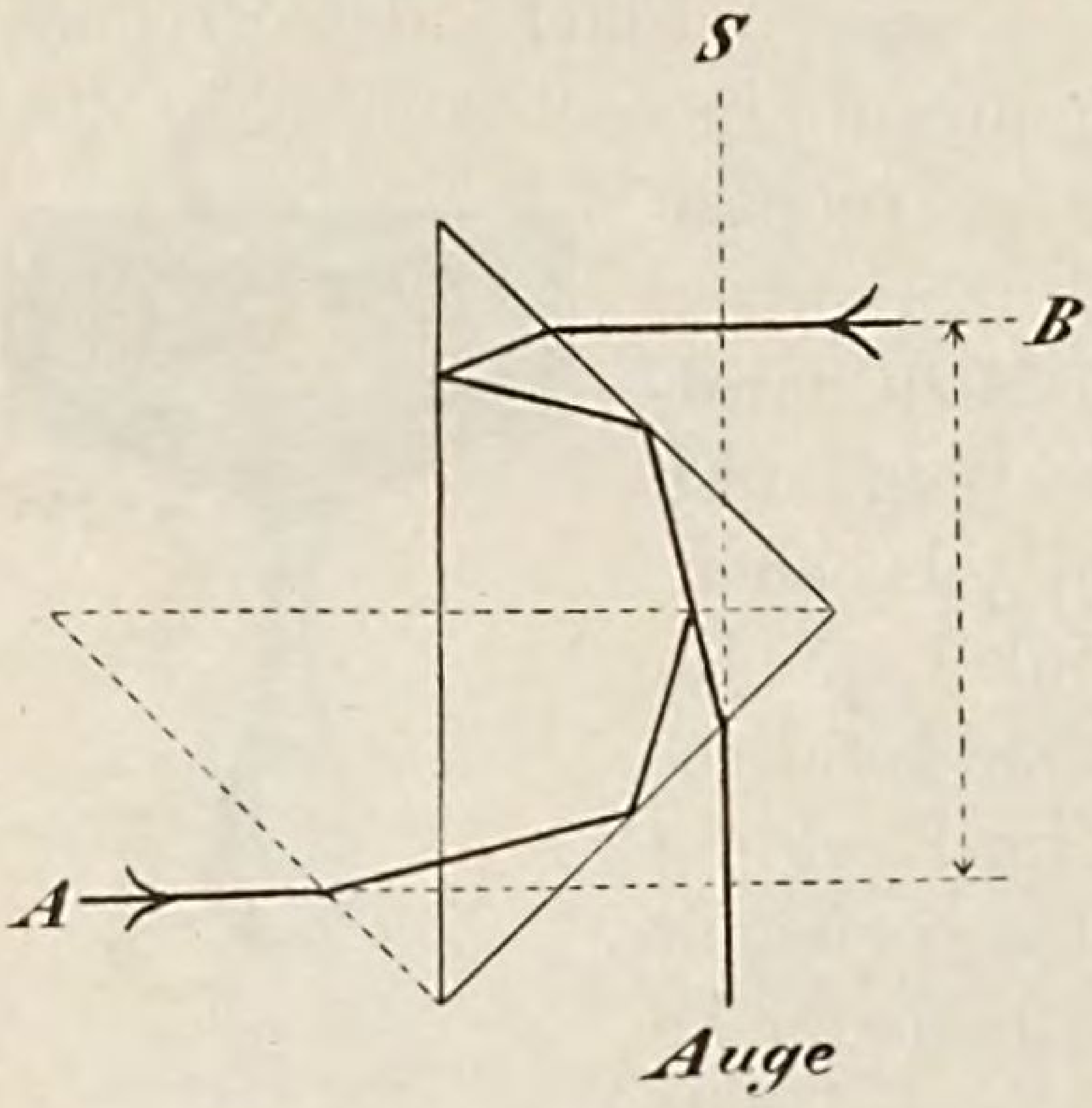


Fig. 51. Prismenkreuz.

Erster Fall. Fig. 51. Richtet man den Blick in dem einen Prisma rechtwinkelig zur Hypotenuse nahe am spitzen Winkel, so fällt zugleich der Blick in das zweite Prisma parallel zur Hypotenuse nahe am rechten Winkel. Im ersten Prisma wird ein Strahl aus *A* von links und im zweiten Prisma ein Strahl von rechts aus *B* ins Auge gelangen, von denen jeder um 90 Grad aus seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt ist. Bringt man beide Bilder zur Deckung, so befindet sich das Prismenkreuz in der Verbindungslinie von *A* und *B* und wenn das

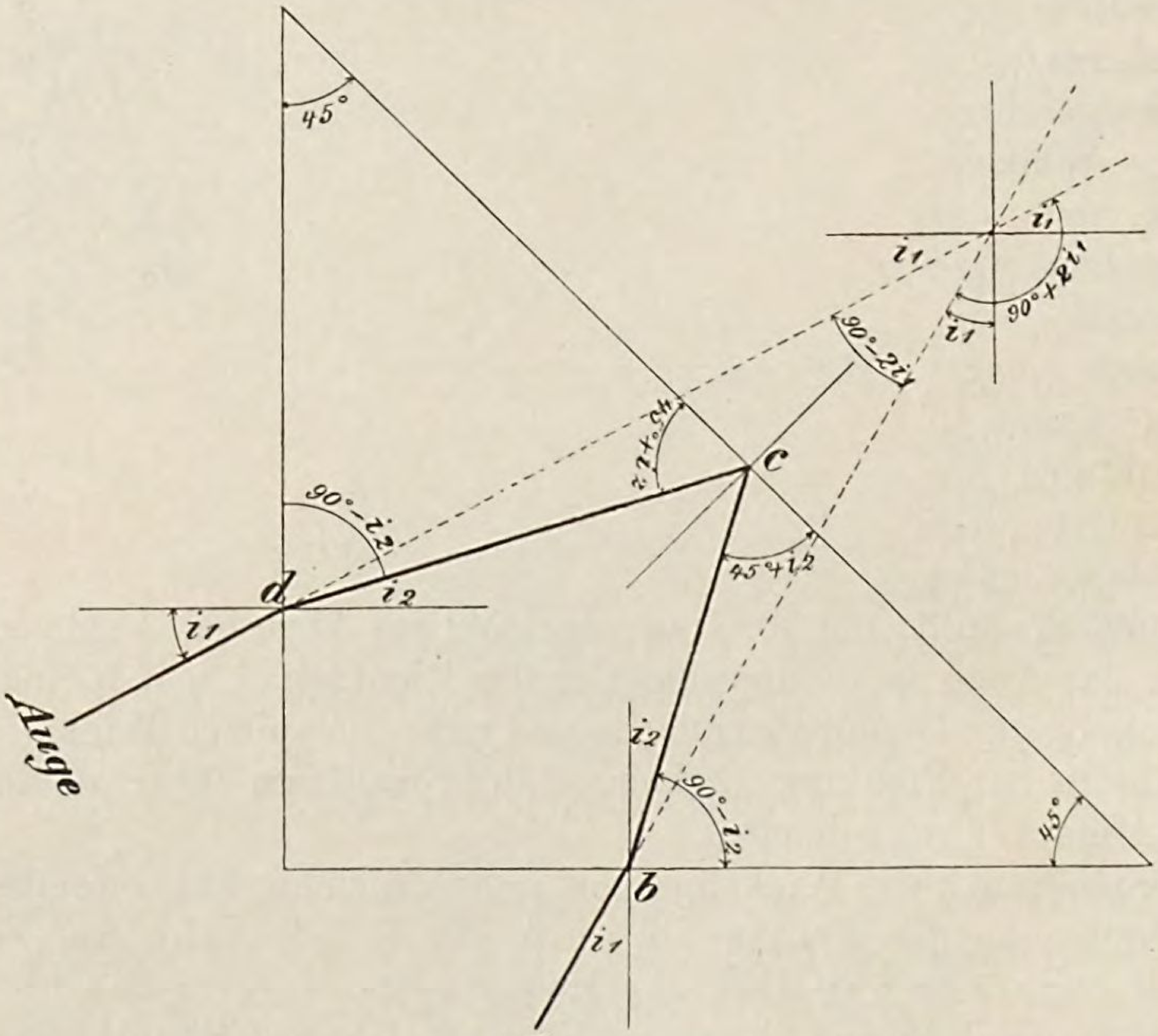


Fig. 52. Prismenkreuz.

Auge zugleich über das Prismenkreuz hinwegblickend ein Signal *S* über den Bildern von *A* und *B* sieht, so steht die Linie *S*-*Auge* rechtwinkelig zu *AB*.

Bei der Kleinheit des Prismenkreuzes kann man den Abstand der parallelen Strahlen aus A und B vernachlässigen.

Mit Hilfe eines Prismenkreuzes kann man sich also in die Verbindungslinie zweier unzugänglichen Punkte aufstellen und zugleich ein Perpendikel auf dieser Linie im Standpunkte errichten.

Das obere Prisma kann man allein als Winkelprisma benutzen.

Zweiter Fall. Richtet man den Blick annähernd rechtwinkelig zur Hypotenuse eines Prismas, aber nahe am rechten Winkel (Fig. 52), so nimmt der Strahl aus a den Weg $abcd$ bis zum Auge, d. h. er wird um einen Winkel $= 90 + 2i_1$ abgelenkt. Blickt man dagegen nahezu parallel zur

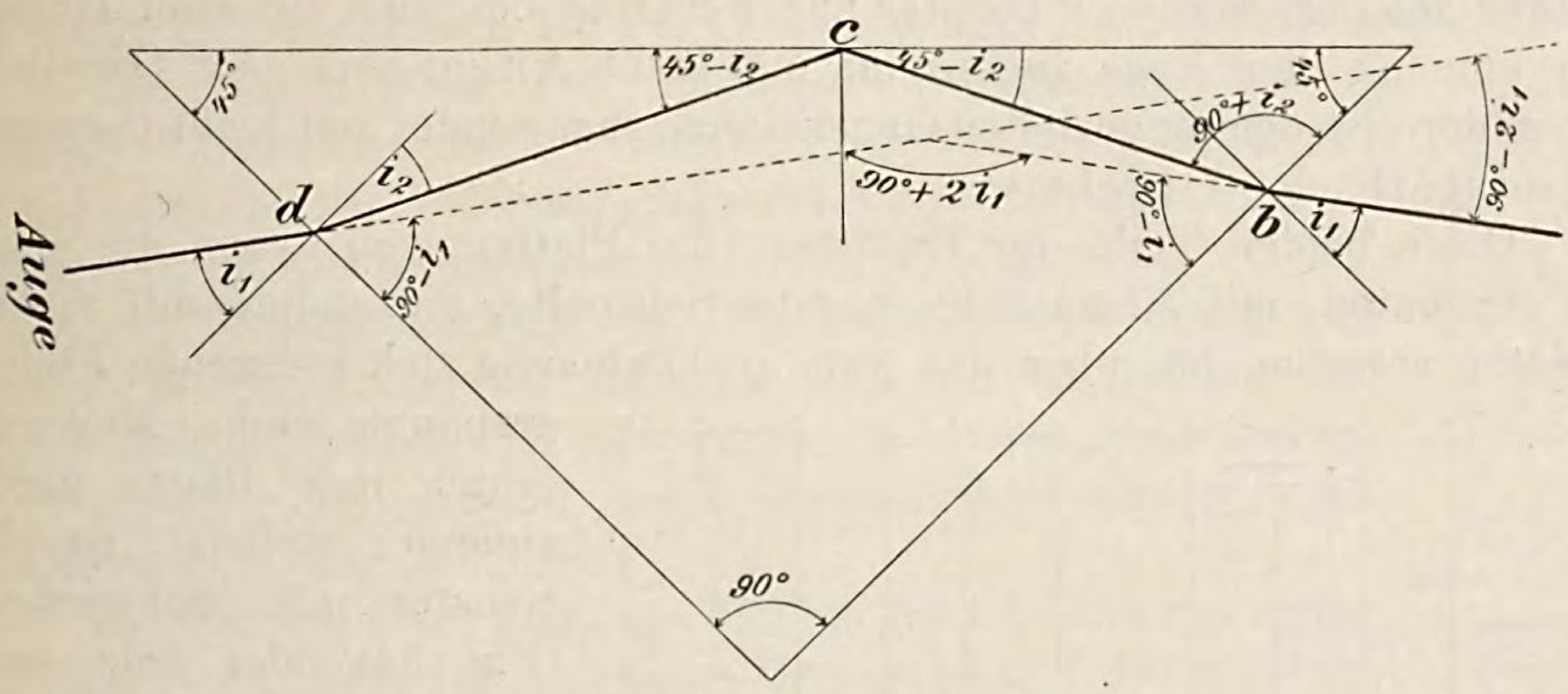


Fig. 53. Prismenkreuz.

Hypotenuse, aber nahe am spitzen Winkel (Fig. 53) ins Prisma, so gelangt ein Strahl aus a ins Auge, der den Weg $abcd$ bis zum Auge macht, d. h. um einen Winkel $= 90 - 2i_1$ abgelenkt wird. Wenn man nun bei einem Prismenkreuz in das eine Prisma blickt, wie Fig. 52 zeigt, so wird man zugleich in das zweite Prisma entsprechend der Fig. 53 blicken. Der eine Strahl von links aus A wird dann um $90 + 2i_1$, der andere von rechts aus B kommend wird im zweiten Prisma um $90 - 2i_1$ aus seiner Richtung abgelenkt. Decken sich beide Bilder, so befindet sich das Prisma in der Verbindungslinie von AB, aber die Richtung des Blickes über das Prisma und über die beiden Bilder von A und B hinweg steht nicht rechtwinkelig zur Linie AB.

Im ersten Falle bleiben die hellen Bilder bei der Drehung des Prismenkreuzes stehen, im zweiten Falle drehen sie sich mit dem Prisma mit gleicher Winkelgeschwindigkeit. Außerdem entstehen noch mehrere Spiegelbilder durch einmalige Reflexion, die aber nach einiger Übung an der geringen Helligkeit und daran erkannt werden, daß sie beim Drehen des Prismas die Bewegung mit doppelter Winkelgeschwindigkeit mitmachen.

In gebirgiger Gegend ist der Winkelkopf, in ebener sind die Spiegelinstrumente vorzuziehen. Der Winkelspiegel giebt größere Gesichtsfelder als die Prismen, deren Gebrauch etwas längere Übung erfordert.

Drittes Kapitel.

Die den meisten Meßinstrumenten gemeinsamen Teile.

§ 22. Die Meßinstrumente müssen eine Abseh- oder Zielvorrichtung besitzen, mit deren Hilfe das ganze Instrument oder Teile desselben in eine bestimmte Linie gestellt werden können.

Diese Vorrichtungen sind: Die Diopter, das Fernrohr und Haken, die am Instrument befestigt sind und über eine ausgespannte Schnur gehängt werden. Diopter und Fernrohr bestehen aus zwei Teilen. Der eine ist dem Auge zugewandt und heißt Augenteil oder Okular, der andere ist dem angezielten Gegenstande zugewendet und heißt Gegenstandsteil oder Objektiv.

Diese beiden Teile der Diopter sind Platten, von denen die eine, der Augenteil, mit einem Sehloch oder Sehspalte, die andere mit einem Fenster versehen ist, über das zwei rechtwinkelig sich kreuzende Fäden gespannt sind. Meistens erhält jede Platte übereinander stehend, sowohl Fenster als Schauritze, (Fig. 54) oder jede eine Schauritze (Fig. 55), so daß die Diopter das Zielen nach rückwärts und vorwärts gestatten. Die Diopter, namentlich die Spaltendiopter mit Löchern am Ende der Spalten gestatten ein sehr scharfes Anzielen. Trotzdem findet man an neueren Markscheiderinstrumenten keine Diopter mehr.

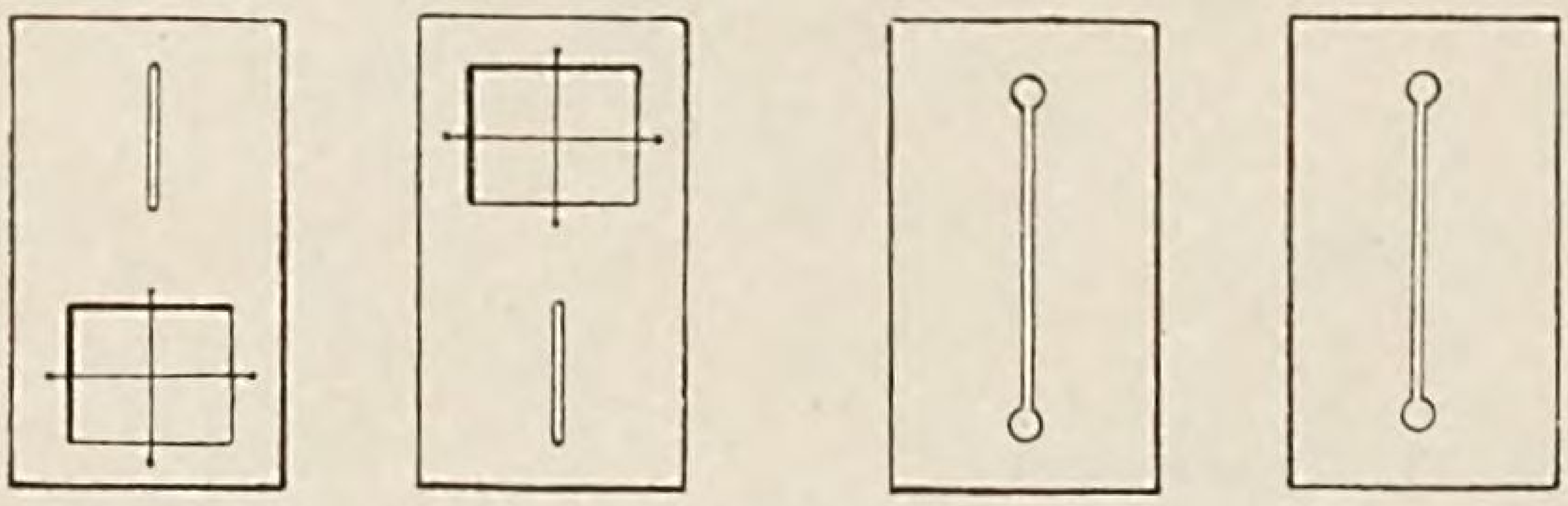


Fig. 54. Diopter. Fig. 55.

§ 23. **Das Fernrohr.** Das Fernrohr besteht aus zwei Röhren, die sich conaxial ineinander verschieben lassen, aus dem Objektivrohr und

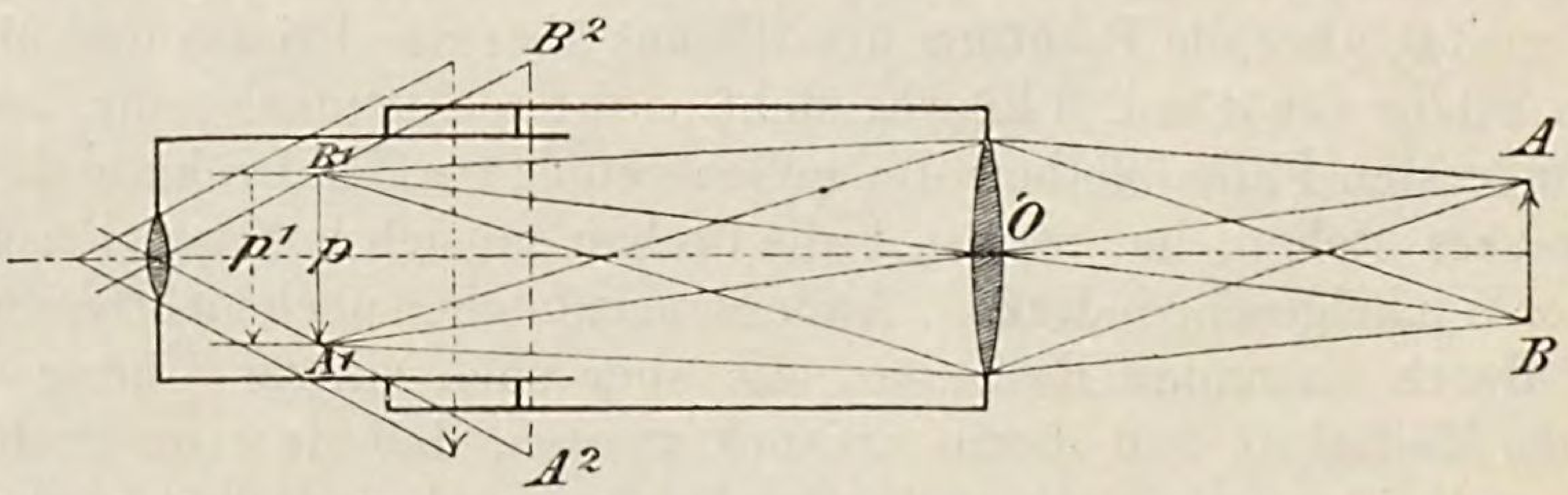


Fig. 56. Zur Theorie des Fernrohrs.

dem Okularrohr. Bei allen Meßinstrumenten ist das Fernrohr ein astronomisches, das die Bilder verkehrt zeigt.

Da die Theorie des Fernrohres als bekannt vorausgesetzt werden muß, so soll nur das Wichtigste hier angeführt worden.

Das Bild eines sehr weit entfernten Gegenstandes AB (Fig. 56) erscheint in dem Brennpunkte der Objektivlinse O und zwar umgekehrt. Dieses verkehrte, gleichsam in der Luft schwebende Bild $A_1 B_1$ wird durch das Augenglas, das genau wie eine Lupe wirkt, vergrößert ($A_2 B_2$) und erscheint dem Auge deutlich, wenn es im Brennpunkte des Augenglases sich befindet.

Ist der Gegenstand AB nicht sehr weit vom Objektiv entfernt, so fällt das Bild A^1B^1 über den Brennpunkt p hinaus nach p^1. Damit dies Bild durch das Okular deutlich gesehen werden kann, ist letzteres so weit zu verschieben, bis das Bild in seinem Brennpunkte sich befindet.

Die Objektivlinse soll möglichst achromatisch sein. Durch Verbindung zweier Linsen, einer Sammellinse a von Crownglas mit einer Zerstreuungslinse b von Flintglas wird ein hoher Grad von Achromatismus erreicht (Fig. 57).

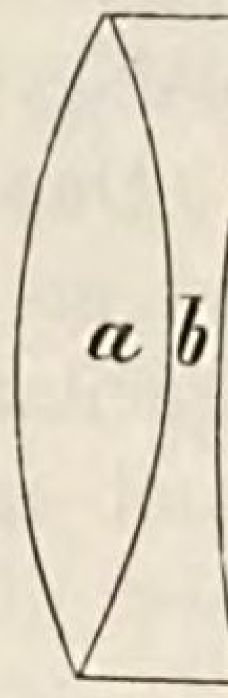


Fig. 57. Achromatische Linse.

Der Kugelabweichung der Objektivlinse wird durch eine solche Beschränkung der Öffnung, daß nur ein kleiner Teil einer Kugeloberfläche an den Linsen in Anwendung kommt, und durch richtige Wahl der Krümmungshalbmesser beider Linsenseiten entgegengewirkt.

In dem Okularrohr, gewöhnlich kurz Okular genannt, befinden sich zwei Linsen, das Augenglas und das Kollektiv. Dieses Linsensystem ist so gewählt, daß dadurch die Farben- und Kugelabweichung beider Linsen möglichst abgeschwächt wird.

Man unterscheidet zwei Arten von Okularen, die positiven und die negativen. Bei Fernröhren mit positivem Okular kommt das durch das

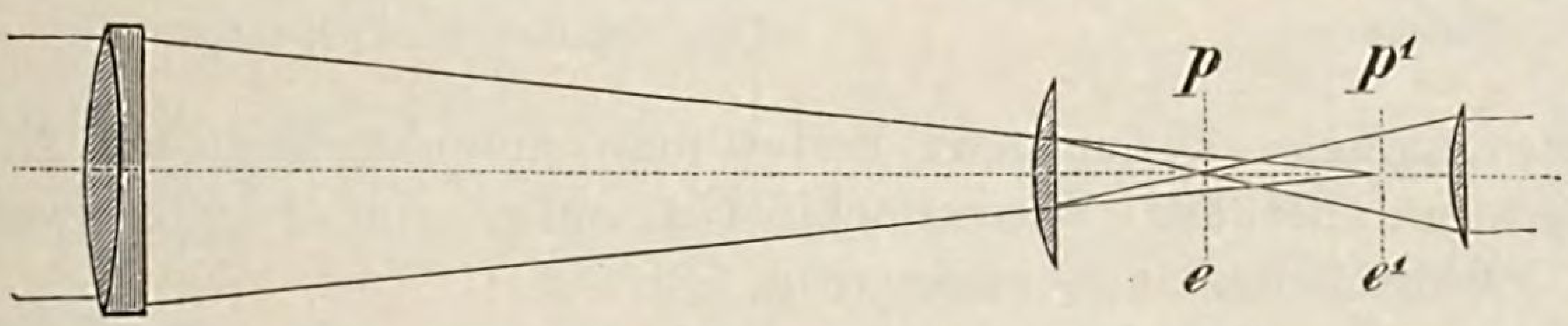


Fig. 58. Anordnung der Linsen im HUYGHENSschen Fernrohre.

Objektiv erzeugte Bild ungestört zu stande und wird durch das Linsensystem von Augenglas und Kollektiv betrachtet. Das wichtigste dieser Okulare ist das von RAMSDEN.

Bei Fernrohren mit negativem Okulare fallen die aus dem Objektiv kommenden Strahlen, ehe sie sich zu einem Bilde vereinigen, schon auf das Kollektiv des Okulars und werden nochmals gebrochen. Das nunmehr entstandene Bild wird durch das Augenglas allein gesehen. Das wichtigste dieser negativen Okulare ist das von CAMPANI (auch nach HUYGHENS genannt). Fig. 58. Im allgemeinen wird dem positiven Okulare (RAMSDEN) der Vorzug vor dem negativen (CAMPANI) gegeben.

Das Fadenkreuz. Zu Messungen ist das astronomische Fernrohr erst dann geeignet, wenn es ein *Fadenkreuz* besitzt. Das Fadenkreuz besteht aus zwei sich kreuzenden feinen Fäden.

Die gerade Linie von dem Kreuzpunkte der Fäden bis zum optischen Mittelpunkte des Objektivs ist die *Ziellinie, Sehachse, Absehrichtung* des Fernrohrs. Durch seitliche Verschiebung des Fadenkreuzes wird die Lage der Sehachse geändert. Zu diesem Zwecke ist das Fadenkreuz auf einem Rahmen angebracht, der mit Hilfe von je zwei gegenüberstehenden Druckschrauben in zwei rechtwinkelig zu einander stehenden Richtungen verstellt werden kann (vergl. Fig. 60).

Der optische Mittelpunkt und ein Faden bestimmen eine *Zielebene*. Bei dem Messen von Horizontalwinkeln ist die senkrechte, bei dem Messen von Vertikalwinkeln und beim Nivellieren ist die wagerechte Zielebene die maßgebende.

Das Fadenkreuz besteht entweder aus wirklichen einzelnen Fäden, oder es sind auf einer dünnen planparallelen Glasplatte feine Linien eingeritzt. Als Fäden dienten früher ausschließlich Spinnenfäden, jetzt nimmt man auch feine Platina- oder Quarzfäden. Beide Fadenkreuze haben ihre Vorteile und Nachteile.

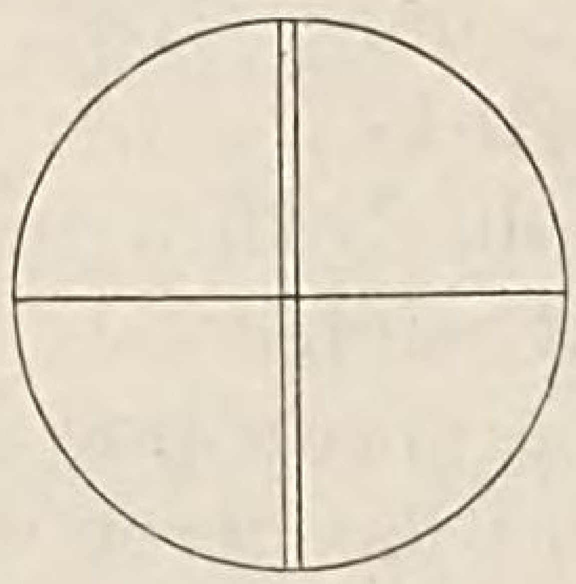


Fig. 59. Fadenkreuz.

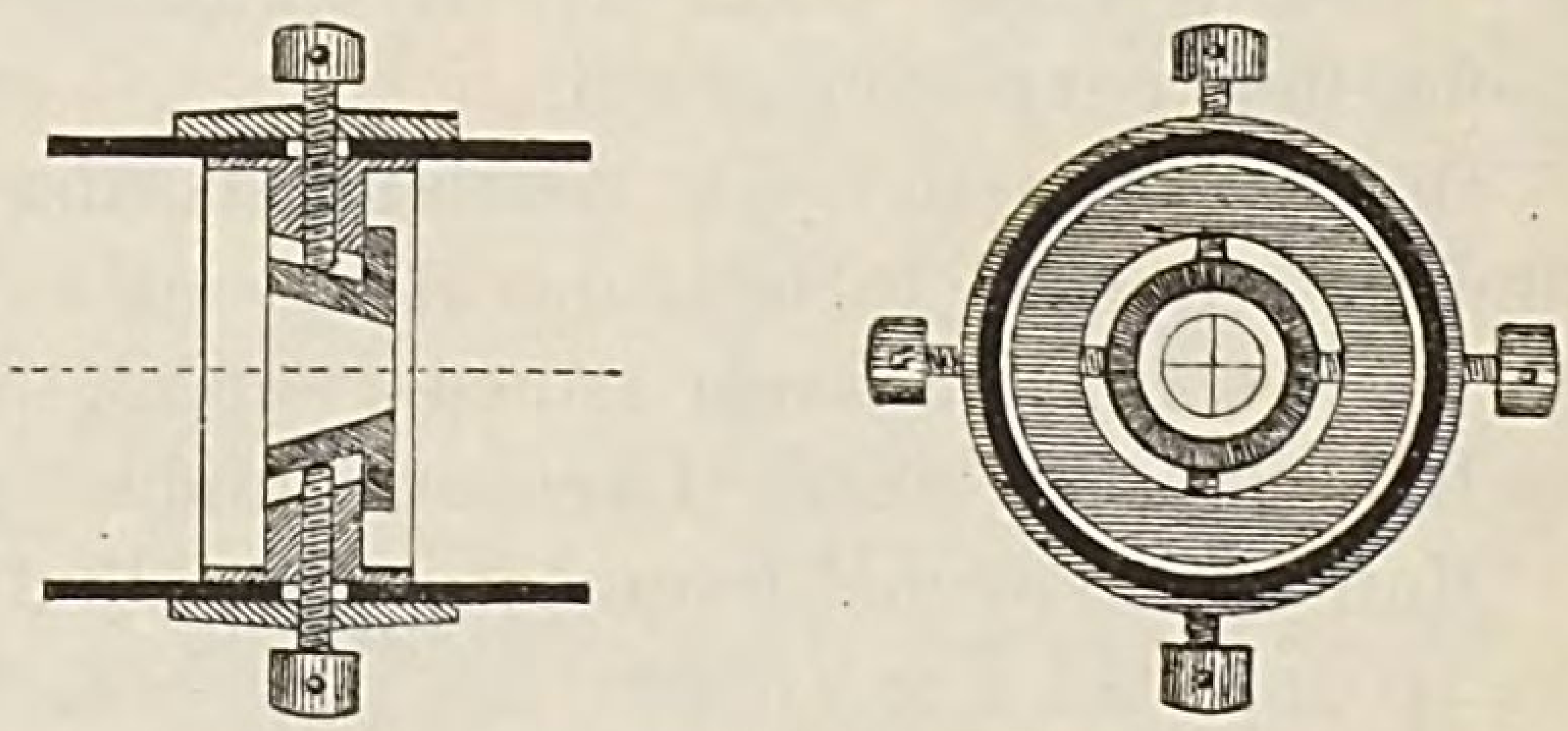


Fig. 60 a und b. Fadenkreuz.

Das einfache Fadenkreuz findet man ausschließlich bei Nivellierinstrumenten, bei den Winkelmeßinstrumenten sind häufig zwei senkrechte Parallelfäden angebracht (Fig. 59).

Wegen des distanzmessenden Fadenkreuzes siehe Elftes Kapitel. Fig. 340.

Das Fadenkreuz des positiven Okulars (Ramsden) befindet sich an der dem Objektiv zugekehrten Seite des Kollektivs, das des negativen Okulars zwischen Augenglas und Kollektiv. Das vom Objektiv erzeugte Bild soll in der Ebene des Fadenkreuzes erscheinen und durch das Okular soll sowohl Bild als Fadenkreuz scharf gesehen werden.

Zur Prüfung überzeugt man sich zunächst, ob in jeder Stellung des Okulars das Fadenkreuz scharf erscheint. Dies hängt von der richtigen Entfernung zwischen Augenglas und Fadenkreuz ab. Augenglas und Fadenkreuz oder eins von beiden sind in der Richtung der Fernrohrachse verschiebbar.

Zu dem Zwecke sind die Löcher oval, durch welche die Halte- und Verstellschrauben des Fadenkreuzrahmens hindurchgehen (Fig. 60).

Zur weiteren Prüfung zielt man einen entfernten Gegenstand an und zieht das Okular, bis das Bild deutlich gesehen wird. Bewegt man dann das Auge vor dem Okular etwas auf und ab und „tanzt" das Bild d. h. bleibt das Fadenkreuz nicht auf demselben Punkte des Bildes, so fallen Bild und Fadenkreuz nicht in eine Ebene (Tanzprobe).

Man beseitigt den Fehler durch richtiges Einstellen des Okulars mittels des Getriebes oder durch eine geringe Änderung der Entfernung zwischen Augenglas und Fadenkreuz, deren Bestimmung bei dem ersten Teile der Prüfung nicht scharf genug erfolgte.

Das Beleuchten des Fadenkreuzes. Das Messen in der Grube erfordert das Beleuchten des Fadenkreuzes. Dies geschieht durch reflektiertes Licht mittels sogenannter Illuminatoren, die auf das Objektivende des Fernrohrs aufgesteckt werden. Die Figuren 61 a u. b zeigen die Formen derselben, welche aus Metall oder Kartenpapier hergestellt werden können.

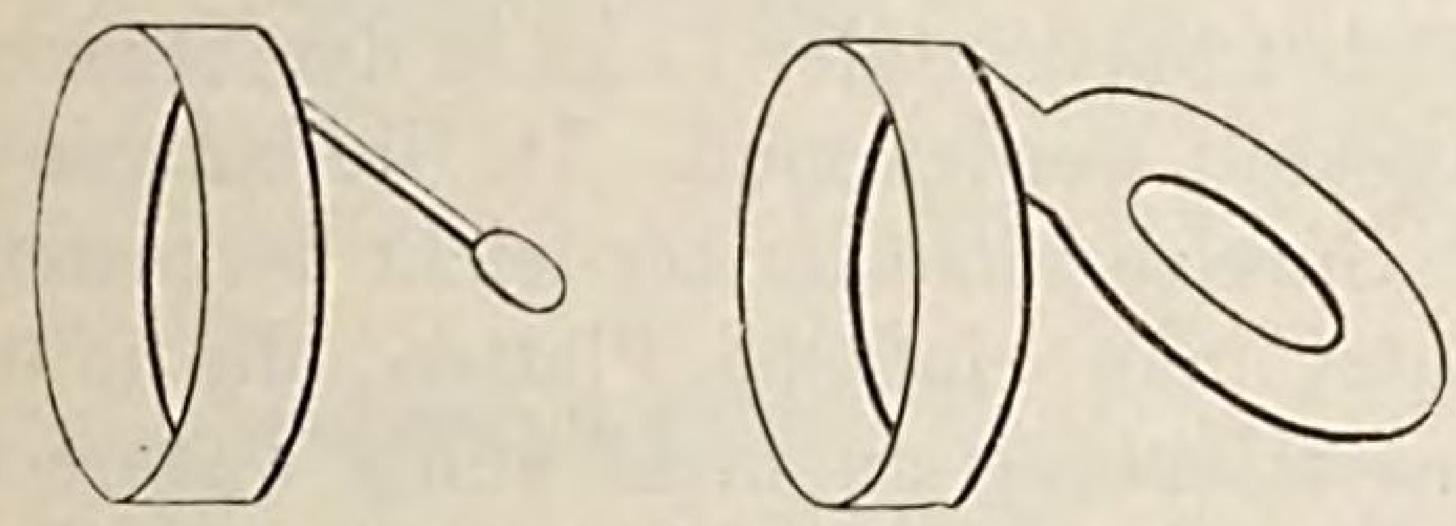


Fig 61 a und b. Illuminatoren zur Beleuchtung des Fadenkreuzes.

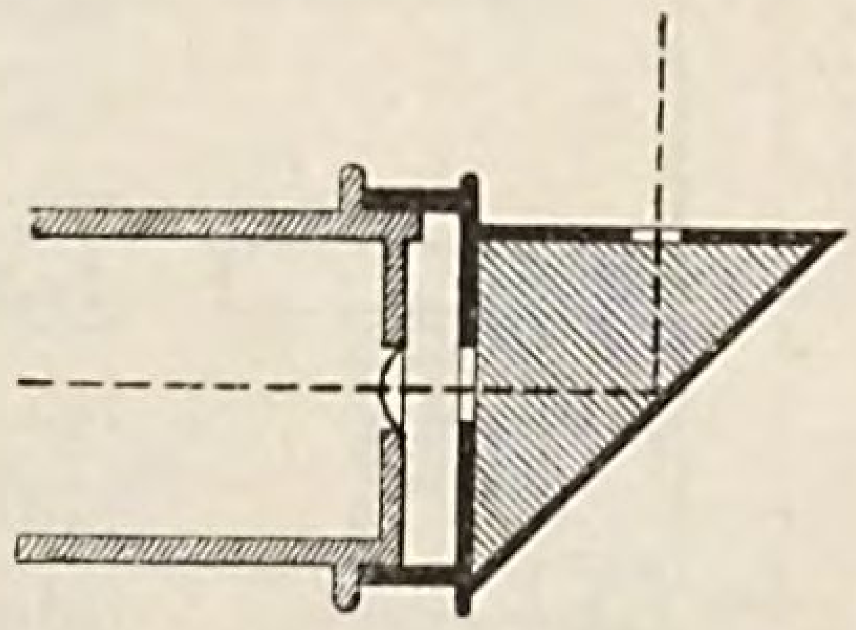


Fig. 62. Okularprisma.

Die Beleuchtung des Fadenkreuzes erfordert nur wenig Licht; das elliptische Loch des einen Illuminators darf nicht zu klein und die kleine Ellipse des anderen darf nicht zu gross genommen werden. Man beleuchtet das Fadenkreuz auch mit Hilfe von Glasprismen, die im Innern des Ojektivrohrs angebracht sind. Das Licht fällt durch eine seitliche Öffnung (hohle Kippachse) auf die reflektierende Fläche des Glasprismas.

Sind Sonnenbeobachtungen bei Zeit- oder Azimutbestimmungen auszuführen, so muß ein dunkles Sonnenglas vor dem Augenglas befestigt werden.

Bei stark aufwärts gerichteten Zielrichtungen z. B. in tonnlägigen Schächten ist es zweckmäßig, ein Okularprisma (Fig. 62) vor das Augenglas zu schrauben, um in bequemer Körperstellung das Anzielen des oberen Signals ausführen zu können. Durch das Prisma wird der aus dem Fernrohr heraustretende Strahl um 90 Grad abgelenkt.

§ 24. **Die Aufstellung der Meßinstrumente.** Die Meßinstrumente werden über Tage immer und in der Grube da, wo es die Verhältnisse gestatten, auf einem Stative aufgestellt.

Man unterscheidet Teller- und Zapfenstative.

Der Teller oder Kopf des Statives ist eine in der Mitte zentrisch durchbohrte Platte, die entweder eine runde Gestalt hat und dann von Holz ist, oder dreiflüglig gestaltet und aus Metall gefertigt ist.

An die Platte sind in Gelenken drei Beine angefügt, die bei den Markscheiderstativen verstellbar sind, d. h. sich verlängern und verkürzen lassen.

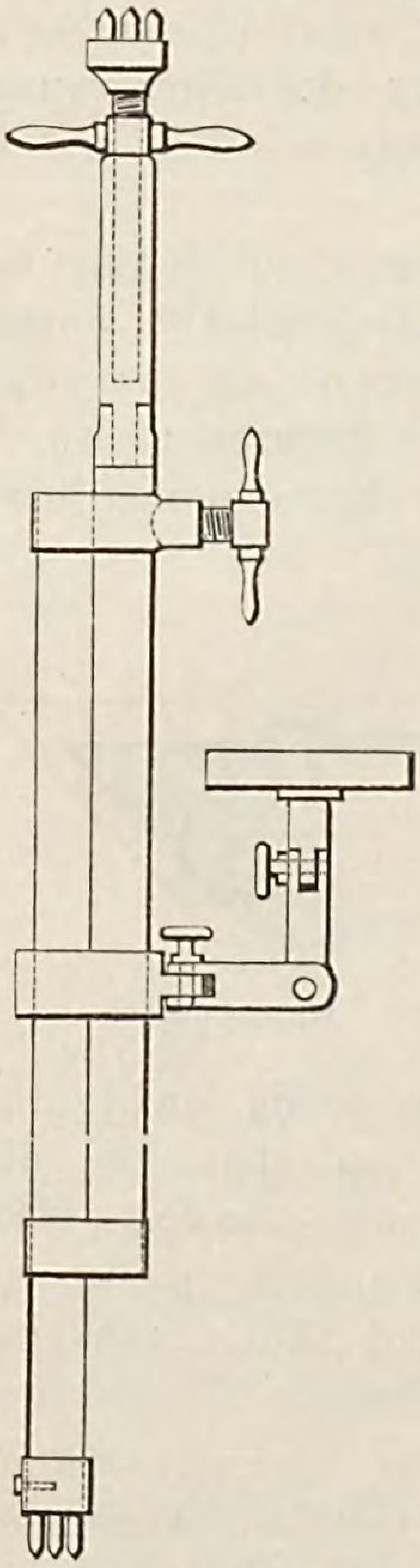


Fig. 63. Kawerausche Spreize.

Die Zapfenstative werden nach dem Zapfen benannt, in dem oben der dreikantige Kopf des Statives ausläuft und auf den die Hülse des Instrumentes gesteckt wird.

In der Grube zwingen enge und stark geneigte Räume, das schwankende aus Brettern bestehende Tretwerk u. dergl. oft zu anderen Hilfsmitteln Zuflucht zu nehmen.

Zunächst ist die Spreize zu erwähnen, die aus einem starken Bohlenstück besteht und, wenn das Meßinstrument unmittelbar auf sie gestellt werden soll, in möglichst horizontaler Lage in den Streckenwangen festgekeilt werden muß. Da die horizontale Stellung der Spreize nicht immer leicht herzustellen ist, so benutzt man einfache Platten, die mittels einer Klemmvorrichtung an nicht völlig wagerechte oder runde Spreizen in zweckentsprechender Lage befestigt werden.

Vom Markscheider Kawerau ist seiner Zeit (ca. 1862) eine Spreize konstruiert, die namentlich in den westfälischen Steinkohlengruben, wo die Strecken häufig einen sehr gleichmäßigen Querschnitt zeigen, viele Vorteile bietet (Fig. 63).

Dieselbe besteht im wesentlichen aus zwei nebeneinander verschiebbaren und durch zwei Ringe in jeder Lage fest zu verbindenden Holzleisten, die am Ende mit Klauen versehen sind. Die eine dieser Klauen kann mittels einer Schraube gegen das Gestein gedrückt in den Streckenstoß fest eingetrieben werden. Um die Mitte der Spreize ist ein verschiebbarer Ring gelegt, der an einem dreigelenkigen Arme einen Teller zum Aufstellen des Instrumentes trägt. Der Ring mit dem Gelenkarme kann durch Schrauben in den verschiedensten Stellungen festgeklemmt werden.

Die Spreize muß sehr stark gebaut sein, damit Zittern und Schwingungen des Tellers vermieden werden.

Nachteile der Spreizen. Die Spreizen, namentlich die horizontalen, haben für alle Messungen das Unbequeme, daß der Markscheider

mehrmals auf beide Seiten des Meßinstrumentes treten und deshalb jedesmal die Spreize überschreiten oder unter ihr hindurchkriechen muß.

Viel zweckmäßiger ist die Benutzung eiserner, mit Standplatten oder Tellern versehener Arme, die in die Grubenzimmerung oder, wenn diese nicht vorhanden ist, in senkrechte Spreizen (Stempel) eingeschraubt werden. Eine von den mannigfaltigen Formen eines solchen Armes zeigen die Figg. 64 a u. b. (Vgl. auch Figg. 86. 94. 132 u. 137.)

Zuweilen sind die Teller der Arme und der Stative noch mit besonderen meist verschiebbaren Platten versehen, auf welche die Meßinstrumente gestellt werden. Diese werden Standplatten genannt.

Die Brauchbarkeit der genannten Aufstellungsvorrichtungen prüft man auf eine einfache Weise. Man richtet das Fernrohr des fest mit der Aufstellungsvorrichtung verbundenen Meßinstrumentes auf einen scharf beleuchteten Punkt und übt einen gelinden Druck in senkrechter und drehender Richtung auf den Teller des Statives oder Armes

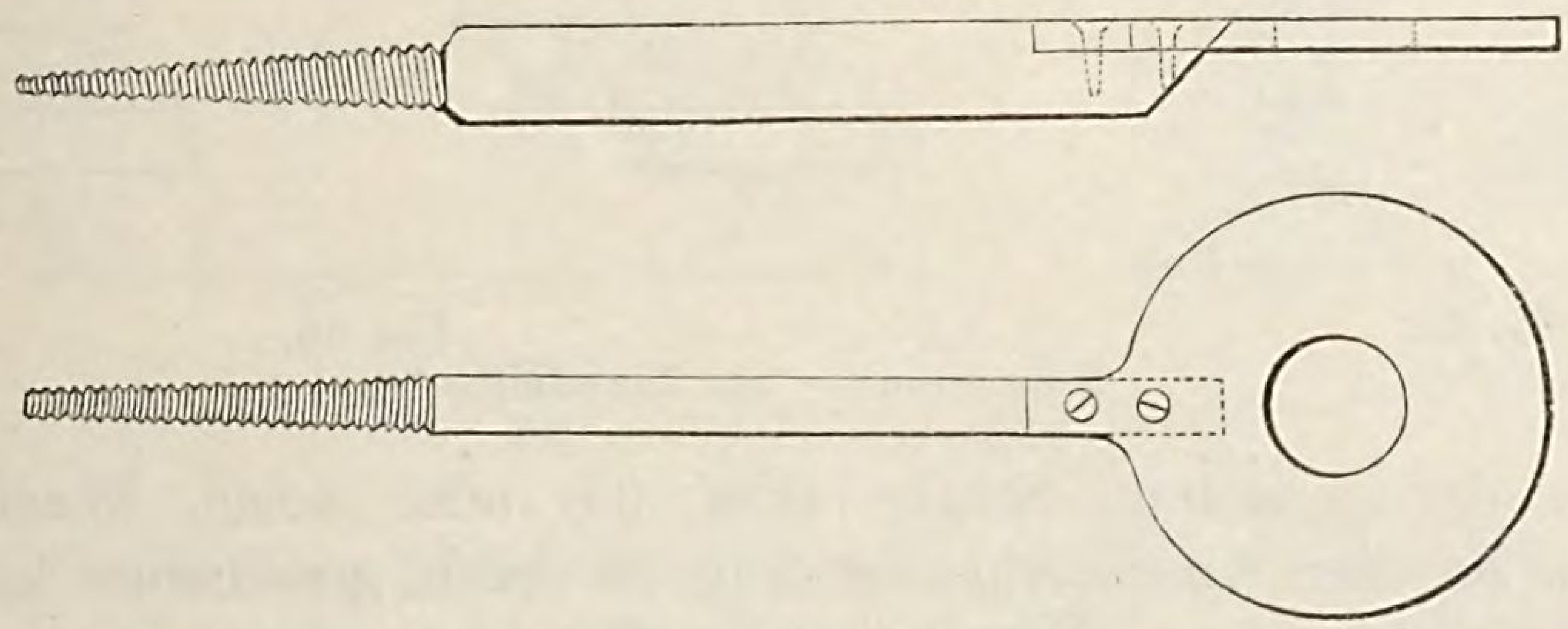


Fig. 64 a und b. Eiserner Aufstellungsarm nach BORCHERS.

bezw. auf die Spreize aus. Dadurch wird das Fadenkreuz den angezielten Punkt verlassen, muß aber, wenn die Aufstellungsvorrichtung brauchbar ist, beim Aufheben des Druckes wieder darauf zurückkehren. Geschieht es nicht, so sind bei den Stativen die Schrauben, welche die Beine mit dem Teller verbinden, anzuziehen und bei den Spreizen und Armen ist ihre Befestigung zu verbessern.

§ 25. **Verbindung der Meßinstrumente mit dem Stativ.** Die Meßinstrumente werden mit ihrem Fuß auf die Teller oder Standplatten der Aufstellungsvorrichtungen gesetzt.

Der Fuß dient zum Befestigen des Instrumentes und zum Horizontalstellen. Die gewöhnliche Form ist die des Dreifußes, seltener wird das Kugelgelenk angewendet.

Das Mittelstück des Dreifußes ist entweder ausgebohrt zur Aufnahme des Drehzapfens des Instrumentes und heißt dann die Büchse oder Hülse, oder es ist massiv und läuft oben in einen Zapfen aus, auf den die am Instrument sitzende Hülse oder Büchse gesteckt wird.

An dem Mittelstück sitzen drei Arme, deren Mittellinien unter 120 Grad zusammenstoßen.

Am Ende dieser Arme sitzen die drei Stellschrauben. Die Enden der Arme sind aufgeschlitzt und können durch die Preßschrauben zusammengedrückt und gelockert werden. Der leichtere oder schwerere Gang der Stellschrauben wird hierdurch geregelt. (Vergl. die Figg. 85, 86, 87.)

Die Stellschrauben laufen gewöhnlich in kleine Kugeln aus, die in einer entsprechenden Höhlung von kleinen Tellern (Unterlagescheiben) eingelassen sind. Häufig enden die Stellschrauben auch in Spitzen, und die Standplatten sind mit entsprechenden Löchern (Körnern) oder Rillen versehen.

Der Markscheider kann unter Umständen gezwungen werden mit Spitzen und Unterlegescheiben zu wechseln, was durch das Ab- und Ein-

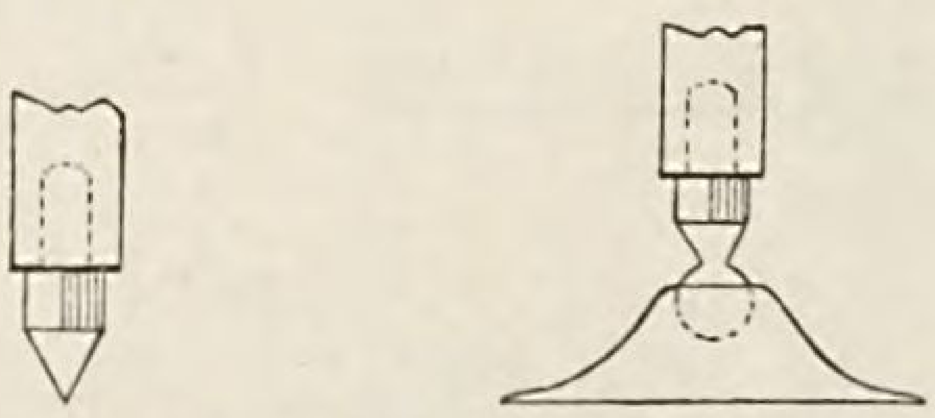


Fig. 65.

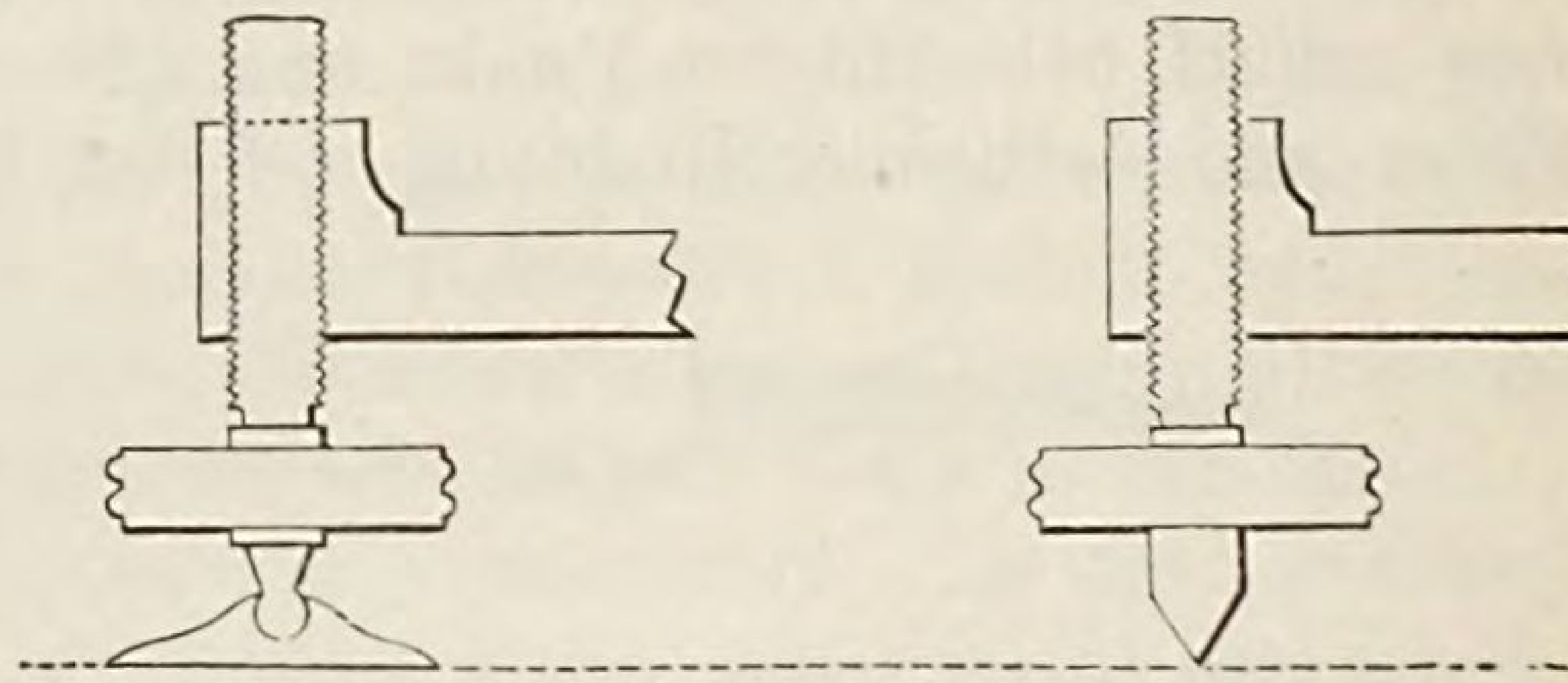


Fig. 66.

Fußschrauben am Theodolit.

schrauben der einzelnen Stücke (Fig. 65) oder durch Wechseln der Schrauben bei der Anordnung der Fig. 66 leicht geschehen kann. Das Mittelstück der Hülse ist unten mit einem Schraubengewinde versehen. Dieses dient hauptsächlich zum Anschrauben der Zugstange, auch Schraubenstange oder Zentralschraube genannt, deren Form aus der Fig. 67 ersichtlich ist.

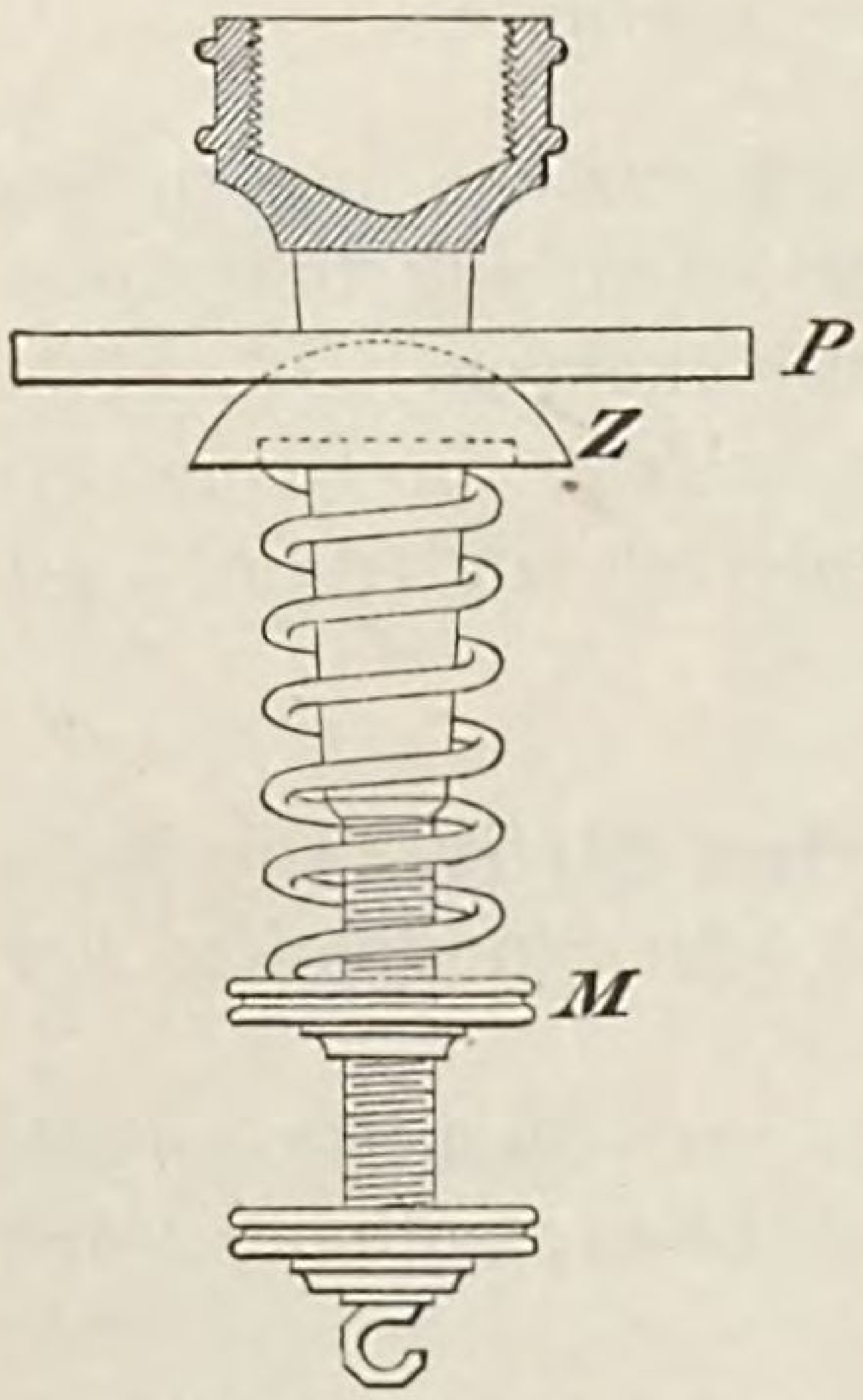


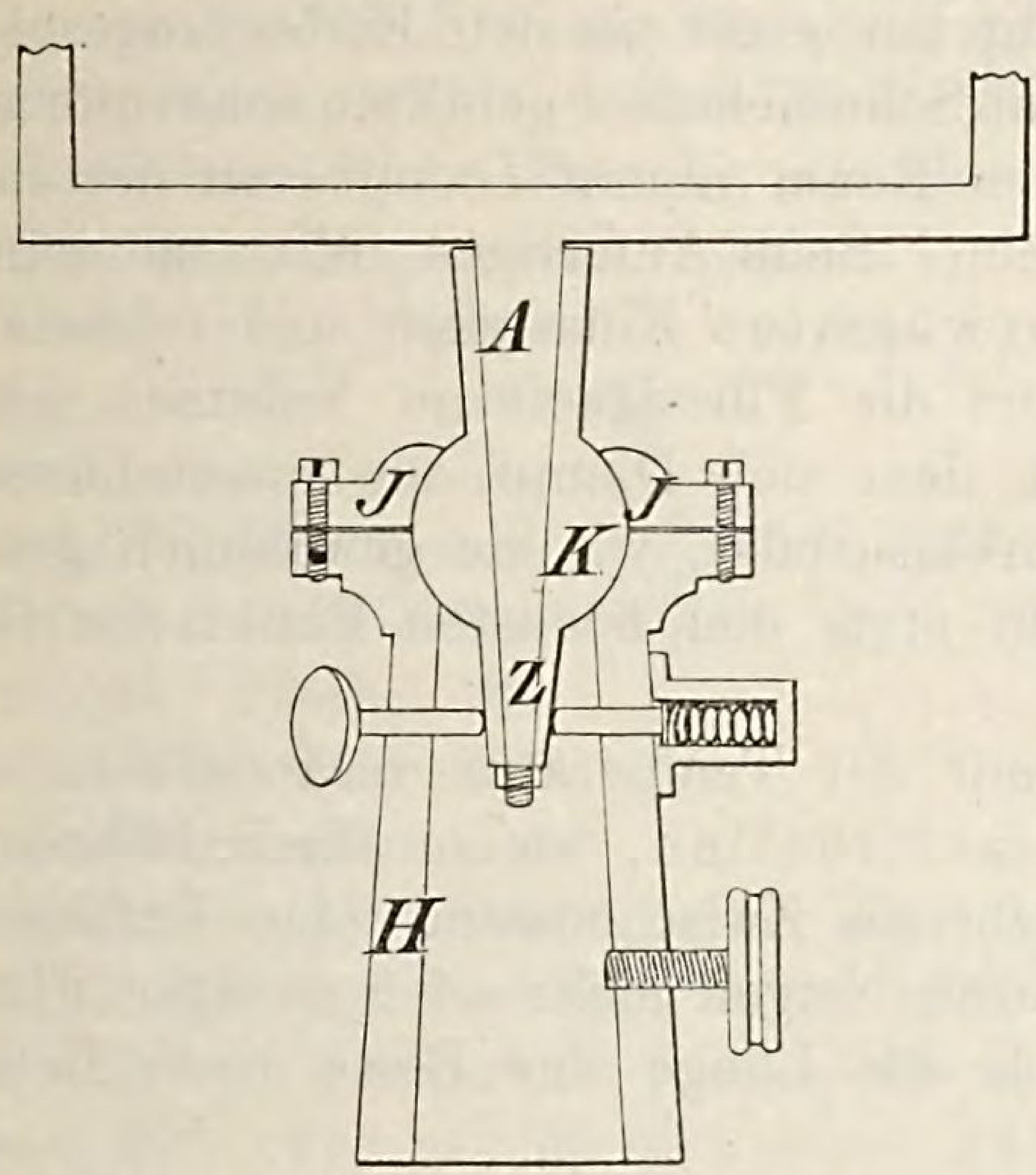
Fig. 67. Zentralschraube.

Die Befestigung des Instrumentes mittels der Zentralschraube geschieht folgendermaßen. Auf dem Gewinde des unteren Teiles der Stange läuft eine Mutter *M*, mit der die auf der Spiralfeder liegende Platte *P* gegen die untere Fläche des Stativtellers gedrückt wird. Zwischen Platte und Spiralfeder wird zweckmäßig das oben kugelförmige Stück *Z* eingeschaltet. Die Schraubenstange soll so gearbeitet sein, daß, wenn sie an das Meßinstrument festgeschraubt ist, ihre Mittellinie mit der Zentralachse des Instrumentes zusammenfällt und das in den am unteren Ende angebrachten Haken eingehängte Lot sich ebenfalls in dieser Achse befindet. (Vergl. Figg. 84. 85 u. 86.)

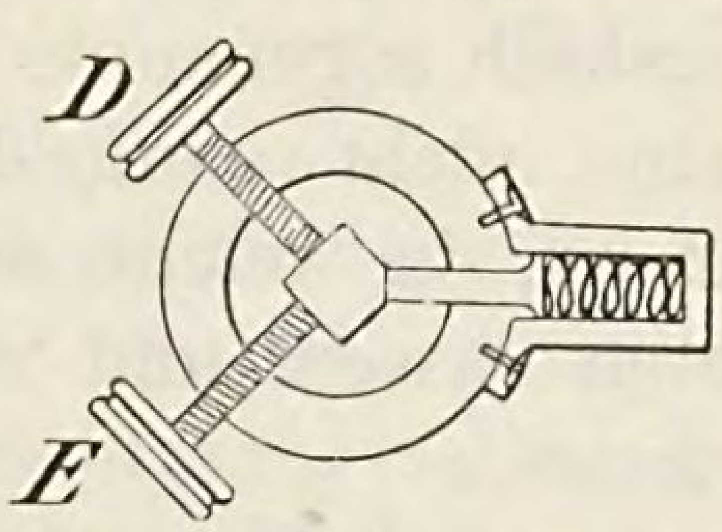
Bei den Nivellierinstrumenten, die nicht über einem Punkte zentriert werden müssen, ist zuweilen am untern Ende der Büchse statt des Gewindes ein Bügel angebracht, in den ein Haken der Zugstange eingreift.

Die Befestigung der Instrumente am Stativteller mittels Dreifuß und Schraubenstange hat den Nachteil, daß die Gewinde der Stellschrauben durch den Druck mehr oder weniger abgenutzt werden und die Sicherheit der Aufstellung des Instrumentes darunter leidet. Diesen Übelstand vermeidet Tesdorpf in seinem Zweifuß. D. R.-P. Nr. 21798.

Das Schraubengewinde der Fußhülse kann außerdem



a. Durchschnitt.

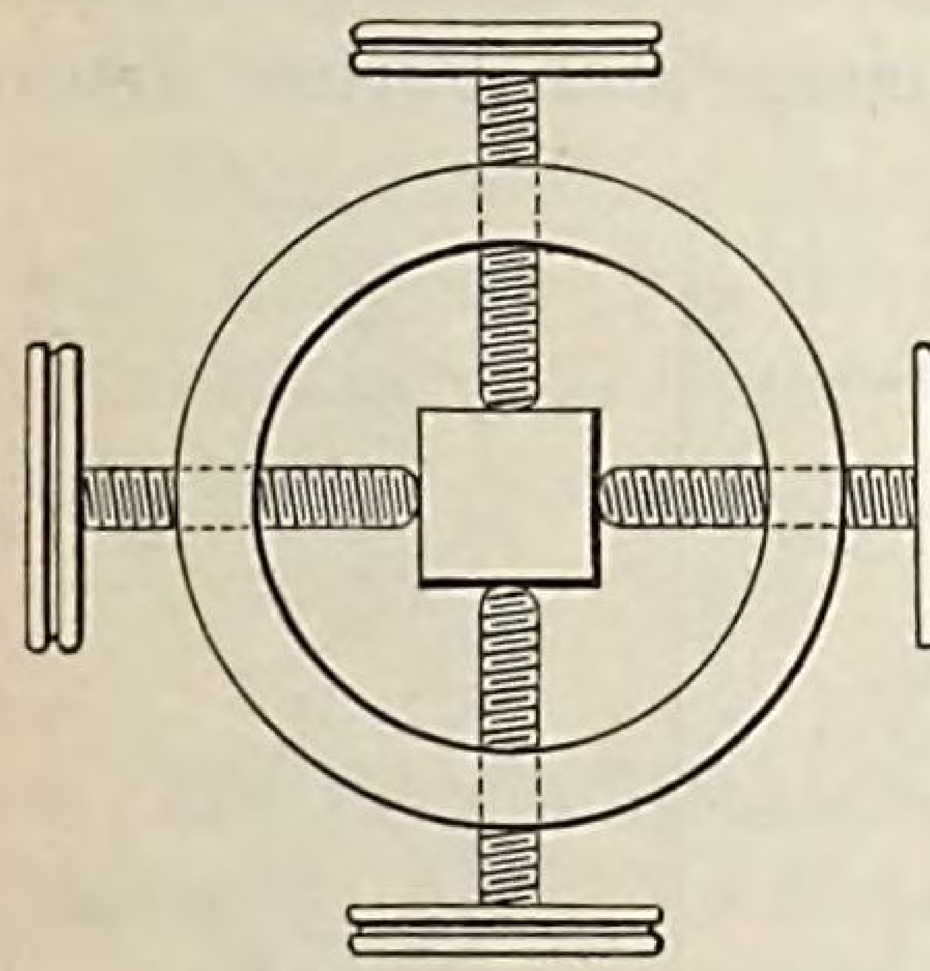


b. Querschnitt.

Fig. 68a u. b. Das Kugelgelenk.

bei Markscheidertheodoliten noch dazu dienen, einen Zentrierstift aufzunehmen (vergl. §§ 31 u. 52) oder den kugelförmigen Wulst der Freiberger Aufstellung (vergl. § 57).

Das Kugelgelenk. Die Figuren Fig. 68 a u. b zeigen die Einrichtung eines solchen Fußes. Die Vertikalachse *A* z. B. eines Nivellierinstrumentes steckt in einer Büchse mit der kugelförmigen Erweiterung *K*, die nach unten in den Zapfen *Z* ausläuft. Die Kugel wird von geeigneten Pfanndeckeln *JJ* gehalten, die mit der Aufsteckhülse *H* durch Schrauben fest verbunden sind. Gegen den Ansatzzapfen *Z* wirken die beiden Schrauben *D* und *E* und die Spiralfeder *C*. (Fig. 68b.)


Fig. 69. Querschnitt eines Kugelgelenkes.

Bei einer anderen Einrichtung drücken gegen den vierkantigen Zapfen 4 Schrauben, von denen je zwei gegeneinander gerichtet sind (Fig. 69). Die Aufsteckhülse des Kugelgelenkes wird auf den Kopf eines Zapfenstatives entweder mittels eines Schraubengewindes oder nur durch eine Preßschraube befestigt.

Das Kugelgelenk kommt bei den Markscheiderinstrumenten nur noch selten vor.

§ 26. **Die Libellen.** Die Libellen sind Mittel zum Horizontalstellen der Instrumente. Man hat Röhren- und Dosenlibellen.

Die Röhrenlibelle besteht aus einer an den Enden zugeschmolzenen, nicht ganz vollständig mit Schwefeläther gefüllten tonnenförmigen Glasröhre. Den leer gebliebenen Raum nimmt Dampf von der in der Röhre befindlichen Flüssigkeit ein. Beim Anfertigen füllt man nämlich die Röhre vollständig mit der erwärmten Flüssigkeit und schmilzt sie zu. Nach dem Erkalten verliert die Flüssigkeit an Volumen und es entsteht ein luftleerer Raum, in dem sich Dampf der eingeschlossenen Flüssigkeit bildet. Diese Dampfblase oder, wie sie gewöhnlich genannt wird, die Luftblase, ist bestrebt stets den höchsten Punkt der Röhre einzunehmen.

Die Länge der Blase ist mit der Temperatur veränderlich. Man fertigt deshalb sogenannte Kammerlibellen, wo an einem Röhrenende durch eine nicht ganz durchgehende Zwischenwand eine Luftkammer abgeteilt ist, in welche man durch Neigen mehr oder weniger Flüssigkeit treten lassen und dadurch die Länge der Blase nach Belieben ändern kann.

Die innere Gestalt einer Röhrenlibelle ist tonnenförmig, d. h. sie entspricht dem mittleren Stück eines Rotationskörpers, der entsteht, wenn ein Kreissegment um eine Sehne rotiert. Die Achse der Libelle ist diese Sehne. Bei der Rotation beschreibt das Ende des Pfeils (Perpendikel auf der Sehnenmitte bis zur Kreislinie) einen Kreis, den Niveaukreis.

Rechts und links von diesem Kreise ist in das Glas eine Skala eingeritzt, deren Strichabstände herkömmlich gleich einer Pariser Linie = 2,256 mm) sind.

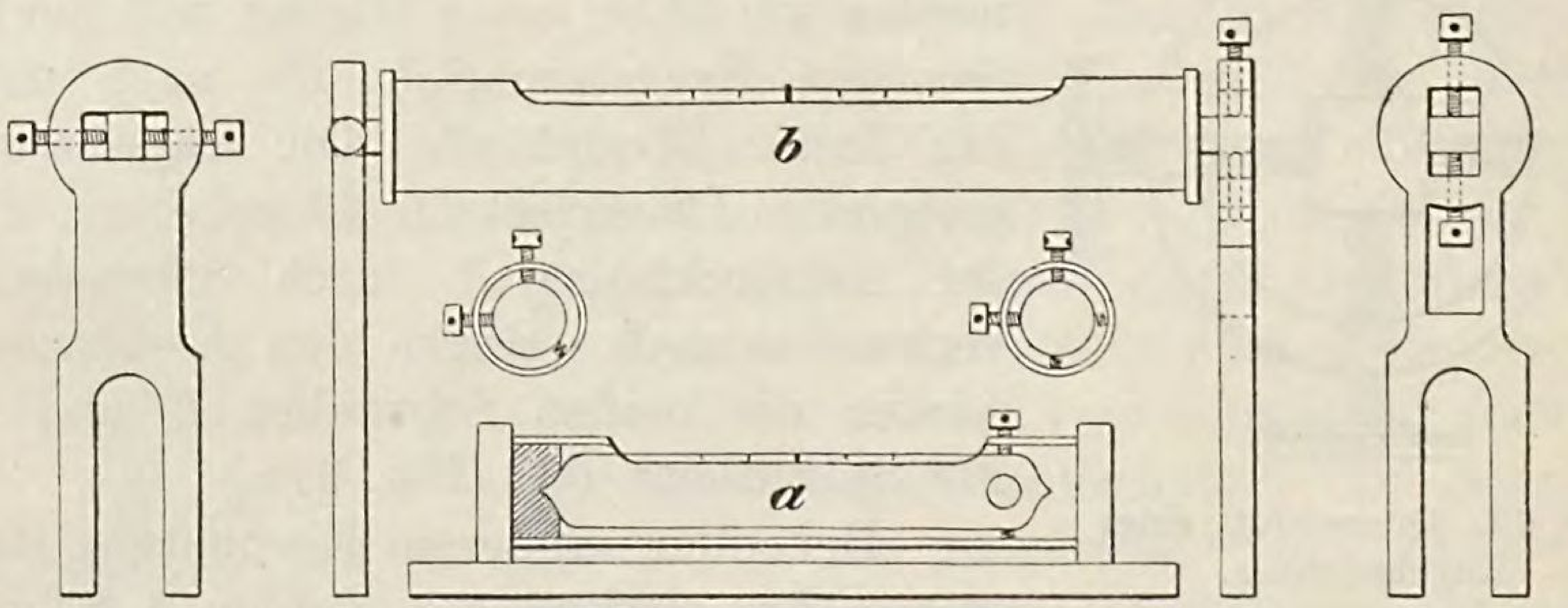


Fig. 70 a und b. Setz- und Reiterlibelle.

Sind die Blasenenden gleich weit entfernt vom Niveaukreis, so spielt die Blase ein und die Libellenachse ist horizontal, im anderen Falle schlägt die Blase aus und die Libellenachse ist geneigt.

Die Libelle wird so weit mit einer rohrförmigen Fassung umgeben, daß nur die Skala sichtbar bleibt.

Soll die Libelle auf eine Fläche aufgestellt werden, so ist die Fassung mit einem Lineal verbunden und heißt dann Setzlibelle (Fig. 70a). Soll sie auf wagerechte Achsen oder Fernrohre aufgesetzt werden, so hat die Fassung für die Zapfen gabelartig gestaltete, für die Fernrohre rund ausgeschliffene Füße (Fig. 70 b). (Reiterlibelle.)

Endlich wird die Fassung mit Haken versehen zum Aufhängen an eine Schnur (Hängelibelle) (Fig. 71).

Libellen sind richtig, wenn ihre Achsen parallel der Aufsetzfläche sind. Diese ist bei Setzlibellen die untere Fläche des Lineals, bei Reiterlibellen die Achse der Zapfen oder des Fernrohrs, bei Hängelibellen die Schnurachse.

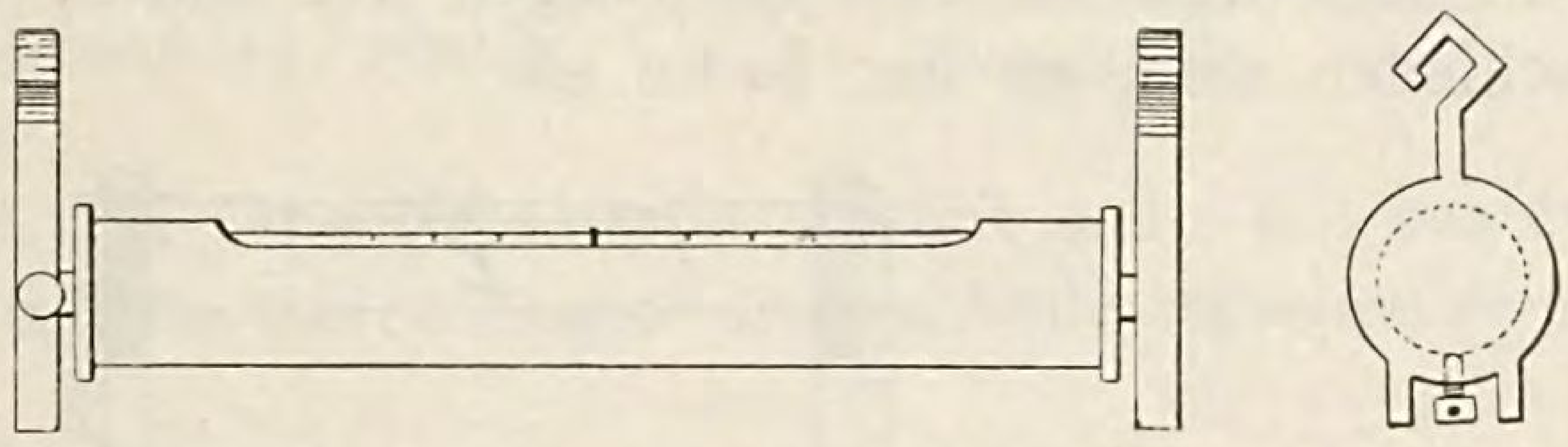


Fig. 71. Hängelibelle.

Zum Richtigstellen der Achse muß sie beweglich sein.

Zu diesem Zwecke ist die Libelle innerhalb der Röhrenfassung verstellbar und zwar erfolgt dies durch zwei Berichtigungsschrauben, von denen eine in vertikaler, die andere in horizontaler Richtung gegen das eine Ende der Libelle wirkt. Der Gegendruck wird durch zwei entgegengesetzt drückende Federn oder nur durch eine in der Komponente der beiden Schrauben wirkende Feder ausgeübt. (Siehe die beiden über Fig. 70a stehenden Querschnitte.)

Am zweckmäßigsten ist es, statt der Libelle die ganze Fassung derselben innerhalb eines an der Aufsetzvorrichtung befindlichen Rahmens zu verstellen, wie aus den Seitenansichten von Fig. 70b zu ersehen ist.

Zum Schutze gegen die Temperatureinflüsse und die Erwärmung beim Anfassen mit der Hand umgiebt man die Libellen mit doppelten Metallhüllen und Glasverdeckung, oder überzieht die einfachen Fassungen mit Tuch.

Die Empfindlichkeit der Libelle ist von dem Radius ihrer Krümmung abhängig. Das Maß der Empfindlichkeit wird durch die Größe des Winkels ausgedrückt, um den eine Libelle geneigt werden muß, damit die Blase um einen Teilstrich ausschlägt.

Zur Ermittelung der Empfindlichkeit von Libellen dient das Legebrett (Fig. 72). Die Libelle *L* wird in die auf einer Schiene *S* verschiebbaren beiden Gabeln *FF* gelegt und die Schraube *A*, deren einmalige Umdrehung eine bestimmte Neigung des Brettes *B* hervorbringt, so lange gedreht, bis die Blase ihre Stellung genau um einen Teilstrich geändert

hat. Der aus den Umdrehungen der Schraube A sich ergebende Winkel ist die Empfindlichkeit.

Da die Änderung des Blasenstandes um nur einen Teilstrich nicht mit Sicherheit beobachtet werden kann, so läßt man die Blase um n Teile ausschlagen und teilt den gefundenen Winkelwert durch n. Die Wiederholung des Verfahrens ist notwendig.

Ist man nicht im Besitz eines Legebrettes, oder ist die Libelle mit einem Fernrohre fest verbunden, so stellt man das Instrument in einer bekannten Entfernung l von einer senkrecht stehenden eingeteilten Latte auf und liest in zwei Stellungen der Blase, die um n Teilstriche verschieden sind, an der Latte ab.

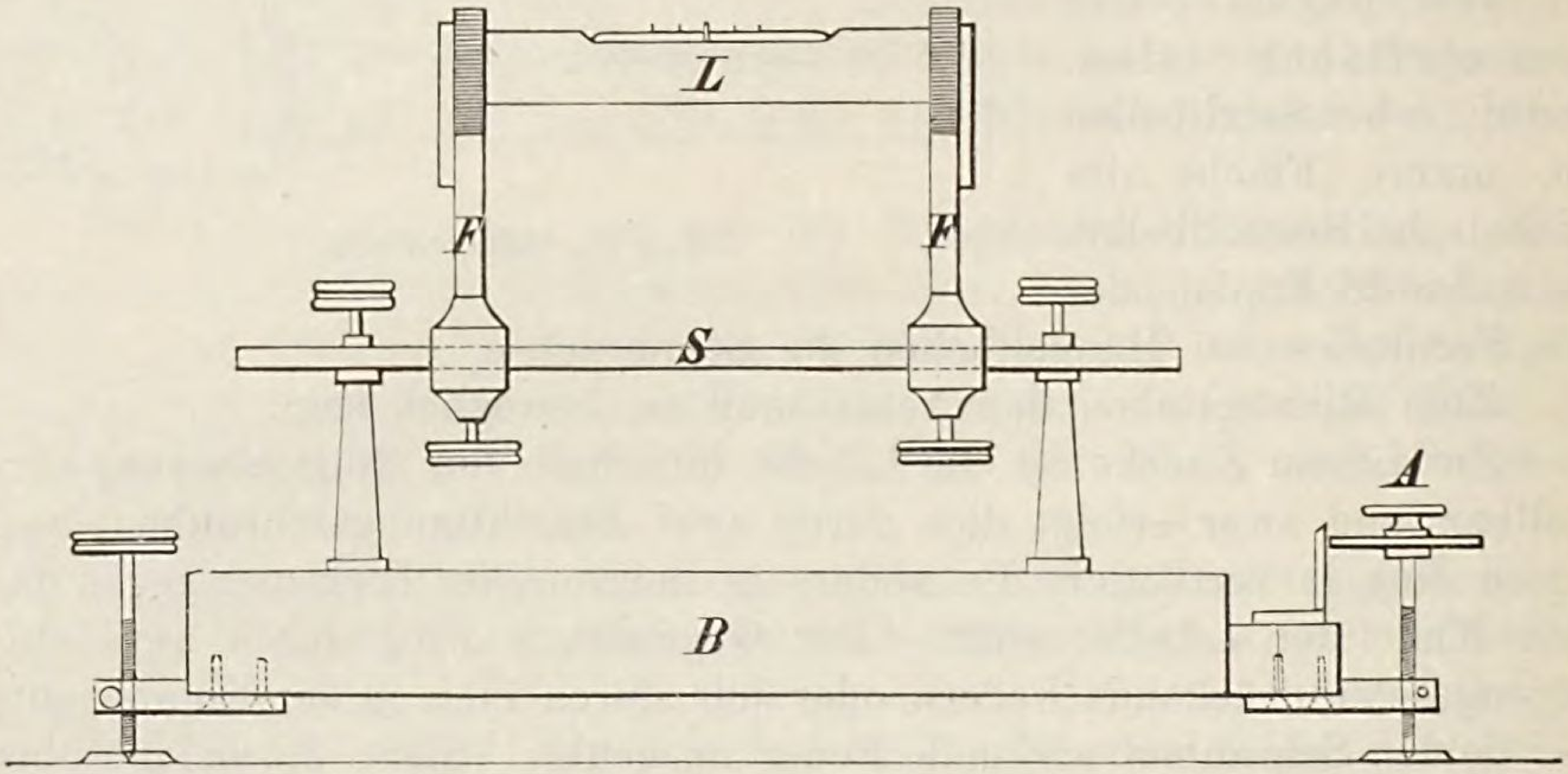


Fig. 72. Das Legebrett.

Der Unterschied der beiden Ablesungen sei d, dann ist die Empfindlichkeit $E = \frac{d}{nl}\, 206\,265$ Sekunden.

Aus der wahren Länge des Skalenteils S und der Empfindlichkeit E ergiebt sich der Krümmungsradius $r = \frac{S}{\operatorname{tg} E}$.

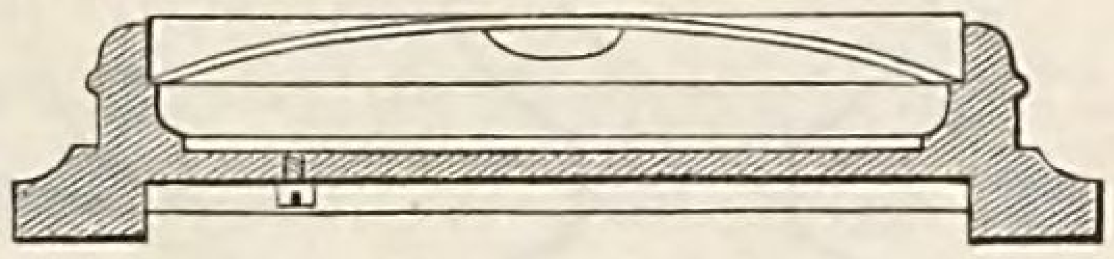
Die kleineren von den Markscheidern benutzten Instrumente haben Libellen von 15—20 Sekunden, die Präzisionsinstrumente bis zu 5 Sekunden Empfindlichkeit.

Reversionslibellen haben zwei einander gegenüberstehende Skalen. Die inneren Wandflächen der Skalen sollen ganz gleichmäßig gekrümmt sein, d. h. die Achsen beider Skalenflächen sollen zusammenfallen, was schwer zu erreichen ist. Gute Reversionslibellen sind selten und teuer. (Vergl. § 98.)

Die Dosenlibelle besteht aus einem runden Messinggehäuse (Fig. 73), das oben luft- und wasserdicht mit einem starken, nach innen kugelförmig ausgeschliffenen Glase verschlossen und in der Bodenplatte mit

einer kleinen Öffnung versehen ist. Die Öffnung dient dazu den inneren Raum des Gehäuses bis auf einen als Luftblase erscheinenden kleinen Rest mit Weingeist anzufüllen und wird dann mit einer Schraube, unter die ein Lederplättchen gelegt wird, dicht verschlossen.

Auf der Oberfläche des Glases ist ein Kreis eingeätzt und die Dosenlibelle ist so gearbeitet, daß ihre Aufsetzfläche horizontal ist, wenn die Luftblase zentrisch zu jenem Kreise steht.


Fig. 73. Durchschnitt einer Dosenlibelle.

Das Deckelglas ist nach einem Radius von 2—3 Meter ausgeschliffen, was einer Empfindlichkeit von 2 bezw. 1 Minute auf 1 Millimeter Ausschlag gleich kommt.

Jeder gute Theodolit und jedes Nivellierinstrument sollte mit beiden Libellen, d. h. mit einer Reiter- und mit einer Dosenlibelle versehen sein.

§ 27. Das Prüfen der Libellen.

Die Reiterlibelle, die an einem mit Dreifuß versehenen Instrumente angebracht ist, wird folgendermaßen geprüft und berichtigt. Man stellt das Instrument annähernd horizontal und dann die Libellenachse in die Vertikalebene einer Stellschraube des Fußes. Mit Hilfe dieser Stellschraube bringt man die Blase zum genauen Einspielen und setzt die Libelle um, d. h. der linke Gabelfuß wird an die Stelle des rechten gesetzt und umgekehrt. Zeigt die Blase einen Ausschlag, so wird die Hälfte des Fehlers an der Stellschraube, die andere Hälfte an der Vertikalstellung der Libelle verbessert. Das Verfahren wird bis zum genauen Stimmen wiederholt.

Bei den anderen Röhrenlibellen verfährt man ähnlich. Die Hängelibellen hängt man an eine horizontale Schnur, die Setzlibellen setzt man auf eine Fläche und zur Prüfung hängt bezw. setzt man die Libellen nach vorherigem Einspielen der Blase um. Der etwaige Ausschlag wird halb durch Änderung der Neigung der Schnur bezw. der Fläche, halb durch Verstellen der Libellenachse beseitigt.

Die oben angegebene Prüfung der Reiterlibelle untersucht nur, ob die Libellenachse einer wagerechten Ebene parallel läuft, die man durch die Achse des Aufsetzzylinders (Fernrohr oder Zapfen) gelegt denkt. Da aber die Reiterlibellen selten einen so festen Stand haben, daß sie nicht etwas seitwärts Spielraum hätten, so ist auch noch zu untersuchen, ob die Libellenachse genau parallel der Achse des Aufsetzzylinders ist.

In Fig. 74 mag der punktierte Kreis die hintere Fläche, der ausgezogene Kreis die vordere Fläche der Libelle sein, die in der mit dicken Linien gezeichneten Fassung steckt. Die Libellenachse ist also nicht parallel der Achse des Aufsetzzylinders *C*. Dreht man die Reiterlibelle im Sinne des Pfeiles, so muß das hintere punktierte Ende der Libelle sich tiefer senken, als das vordere Ende, was einen Ausschlag der Blase

nach dem höheren Teile der Libelle zur Folge hat. Dreht man die Libellenfassung in anderer Richtung, so ist die Wirkung dieselbe nur im entgegengesetzten Sinne. Zur Berichtigung der Achsenstellung hat jede Reiterlibelle seitlich wirkende Schrauben.

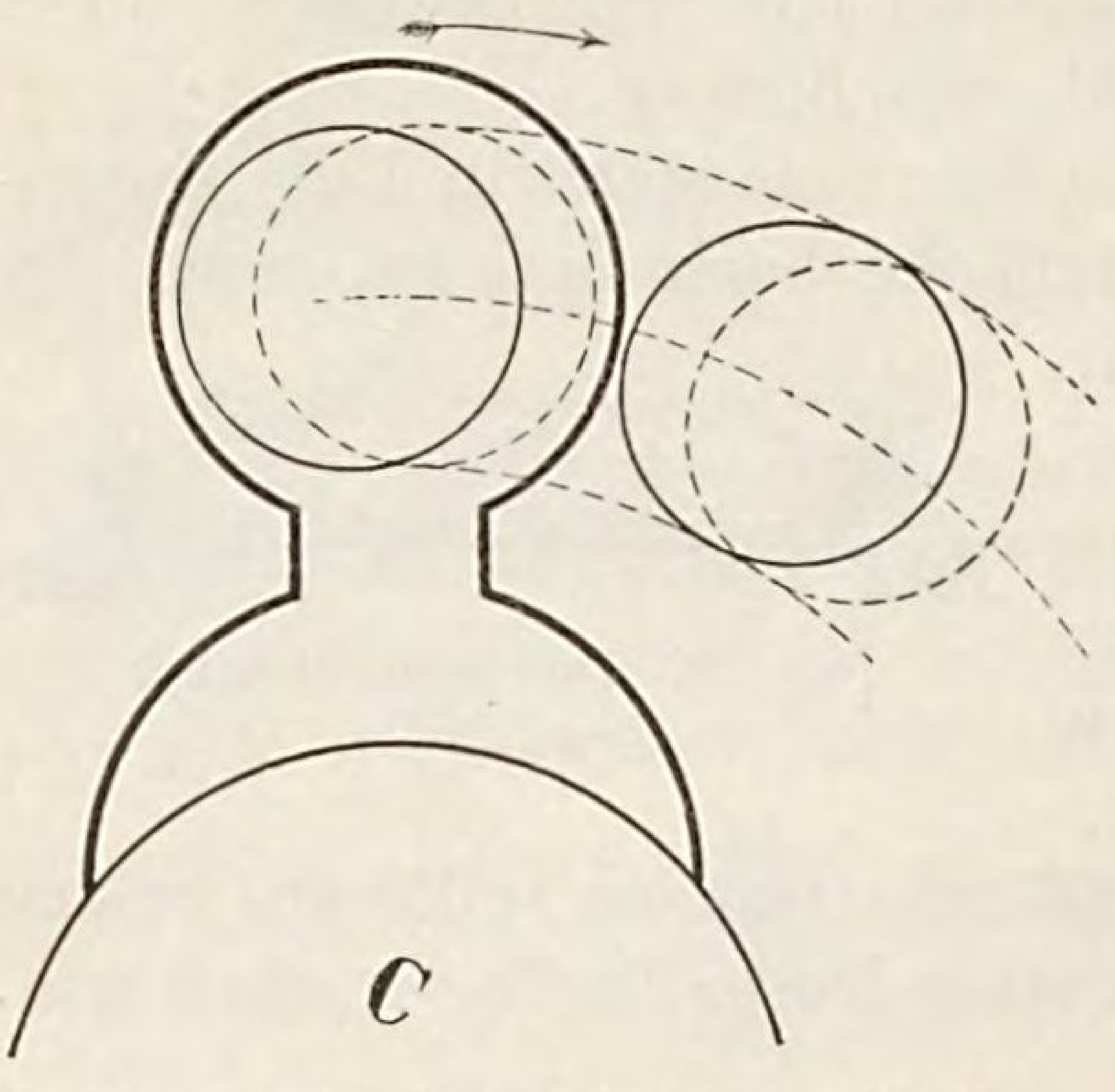


Fig. 74. Prüfung der Reiterlibelle.

Die Dosenlibelle prüft man dadurch, daß man die Blase zum Einspielen bringt und die Dose um den Mittelpunkt des Deckelkreises dreht. Die Blase darf nicht ausschlagen. Die an Instrumenten sitzenden Dosenlibellen werden mit Hilfe von Zug- und Druckschrauben oder von Schrauben berichtigt, die einer unter der Libelle liegenden dreiflügligen Federbrücke entgegen wirken.

Das Verfahren ist folgendes. Man bringt die Blase durch die Stellschrauben des Fußes zum Einspielen und dreht das Instrument um 180 Grad. Schlägt die Blase aus, so wird der Fehler halb an der geeigneten Schraube der Dosenlibelle, halb an der Stellschraube berichtigt.

§ 28. Die Achsen. Feine und grobe Drehung.

Die Drehungen der Meßinstrumente oder einzelner Teile derselben erfolgen um Achsen oder Zapfen. Die geometrische Achse der Zapfen soll zugleich die Umdrehungsachse des Instrumentes sein.

Man unterscheidet Vertikal- und Horizontalachsen.

Alle Achsen haben Führungen oder Lager.

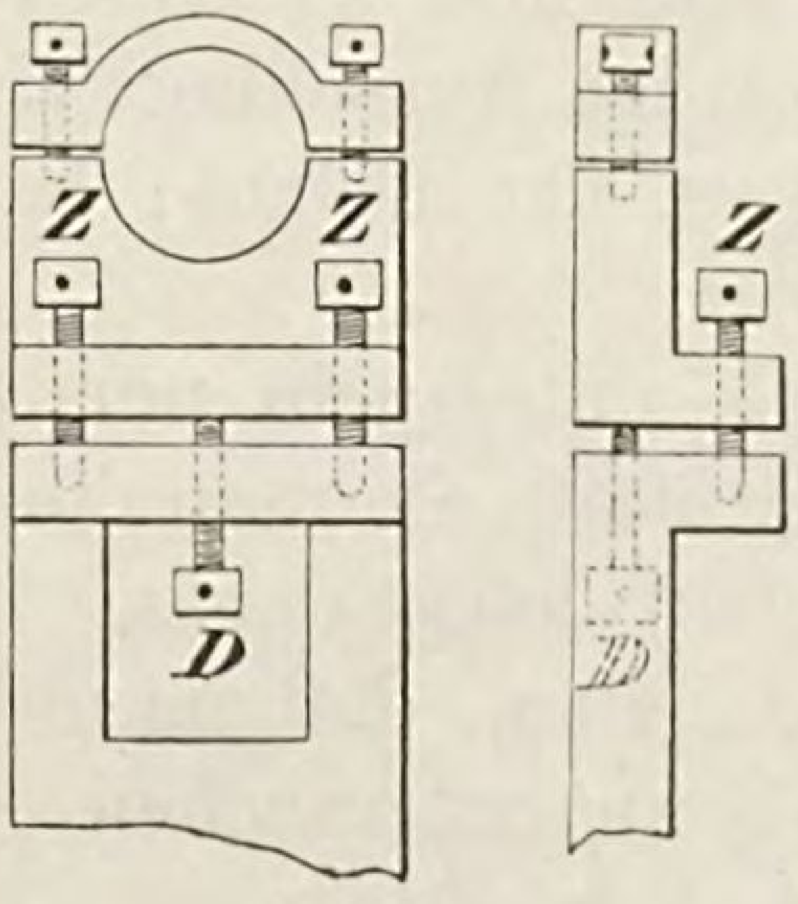


Fig. 75. Zylindrische Lager.

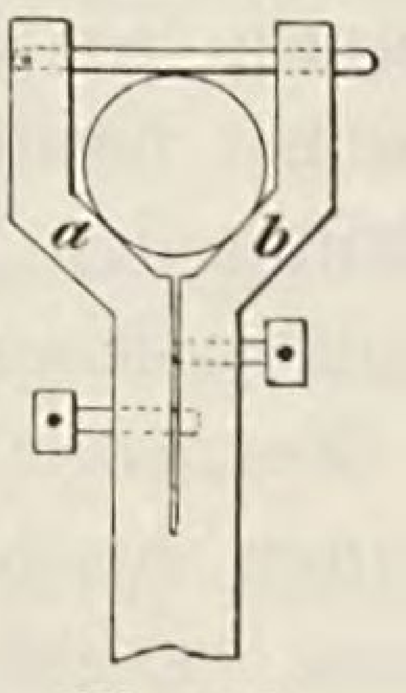


Fig. 76. Winkellager.

Die Vertikalachsen sind selten zylindrisch, meist konisch, oder sie sind aus zwei verschieden geneigten Kegelflächen und einem Zylinder zusammengesetzt. Die Führung geschieht durch eine entsprechend geformte Büchse, die aber nur an zwei Stellen anliegt, an den anderen Flächen ist die Büchse so stark ausgehöhlt, daß eine Berührung mit der Achse nicht stattfindet. (Vergl. Fig. 84.)

Die Horizontalachsen sind an den Stellen, wo sie auflagern, zylindrisch abgedreht. Der auflagernde Teil heißt der Zapfen.

Die Lager sind entweder zylindrisch oder man wendet Winkellager an. Die zylindrischen Lager umfassen mit den darüber gelegten

Pfanndeckeln die Zapfen vollständig (Fig. 75), in den Winkellagern liegt der Zapfen nur an den Stellen *a* und *b* auf (Fig. 76).

Die Horizontalachsen müssen sich umlegen lassen. Dies ist in Winkellagern leichter auszuführen, da der über den Lagern befindliche Riegel ohne Mühe weggedreht oder aufgeklappt werden kann, als bei zylindrischen Lagern, bei denen die Pfannendeckel vorher abgeschraubt werden müssen.

Die Achsenlager müssen sich heben und senken lassen. Dies geschieht durch Zug- und Druckschrauben *D* und *Z* in der Fig. 75, oder durch die seitlichen Schrauben in Fig. 76. Zu erwähnen ist noch die Führung mit Spitzen und Körnern. Die Horizontalachse endet in zwei konisch abgedrehten Spitzen, die in zwei Vertiefungen (Körner) durch Schrauben eingedrückt werden.

Feinstellwerke. Bei den Drehungen der Instrumententeile unterscheidet man die aus freier Hand ausgeführte, die rohe oder grobe Einstellung und die Feineinstellung, die mit besonderen Vorrichtungen bei den Mikrometerwerken oder Feinstellwerken ausgeführt wird. Die Mikrometerwerke bestehen aus den Bremsen oder Klemmen, mit deren Hilfe eine feste Verbindung zwischen dem festen und dem drehbaren Teile hergestellt wird, und aus der Mikrometerschraube.

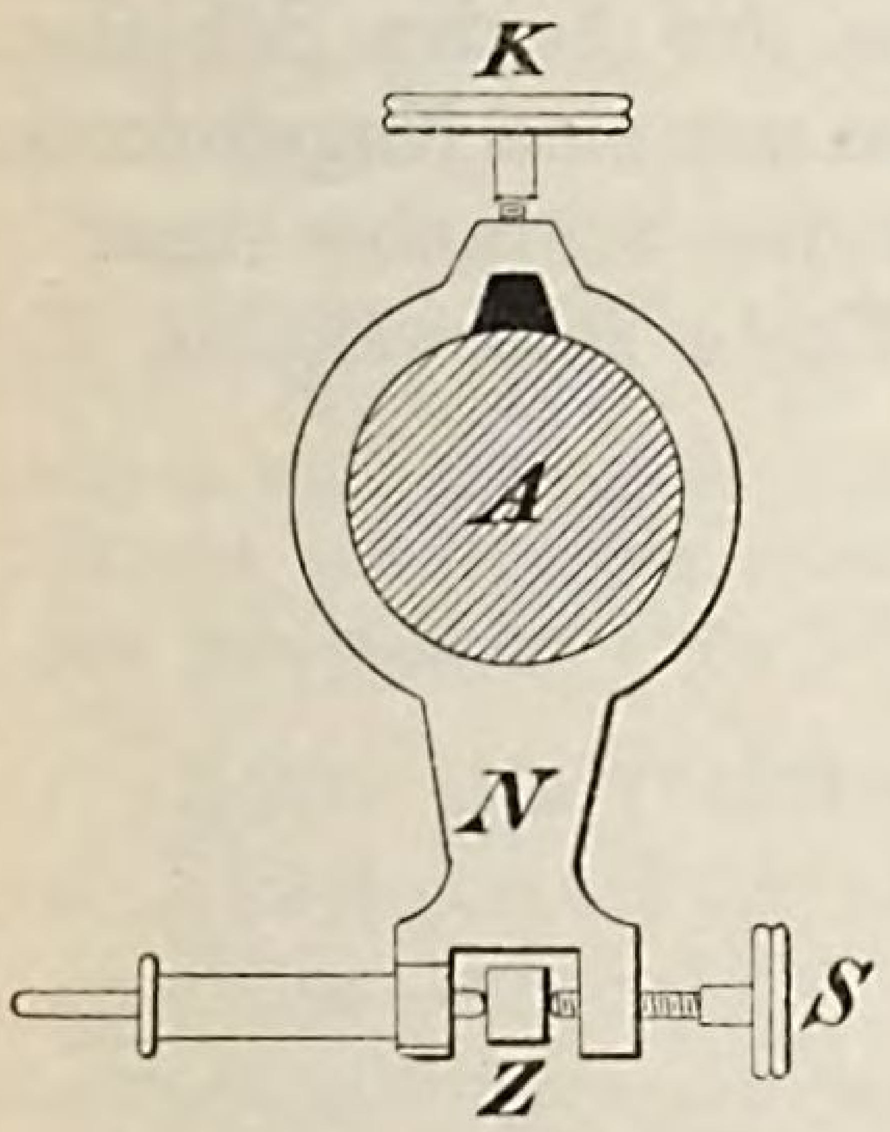


Fig. 77. Die zentrale Klemmung.

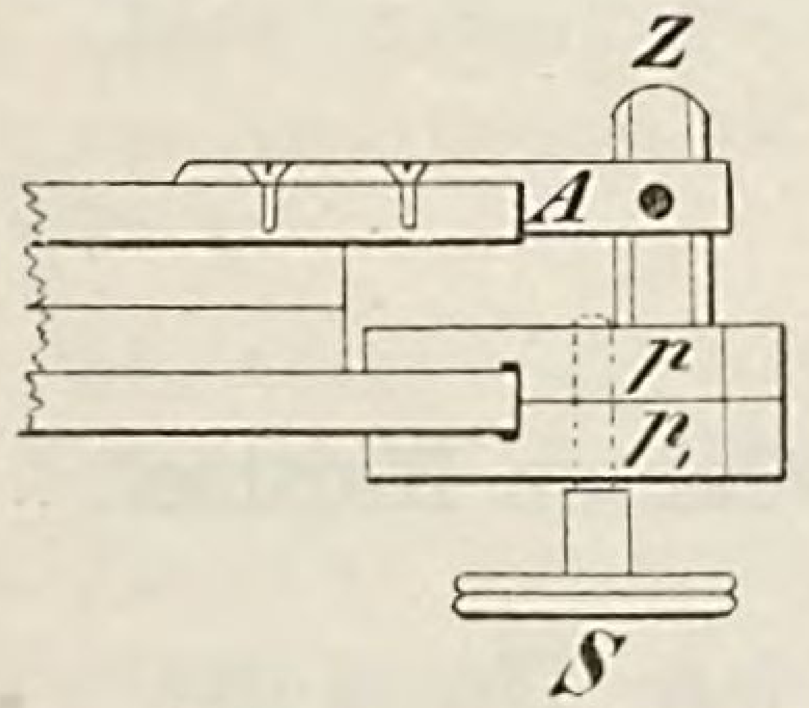


Fig. 78.

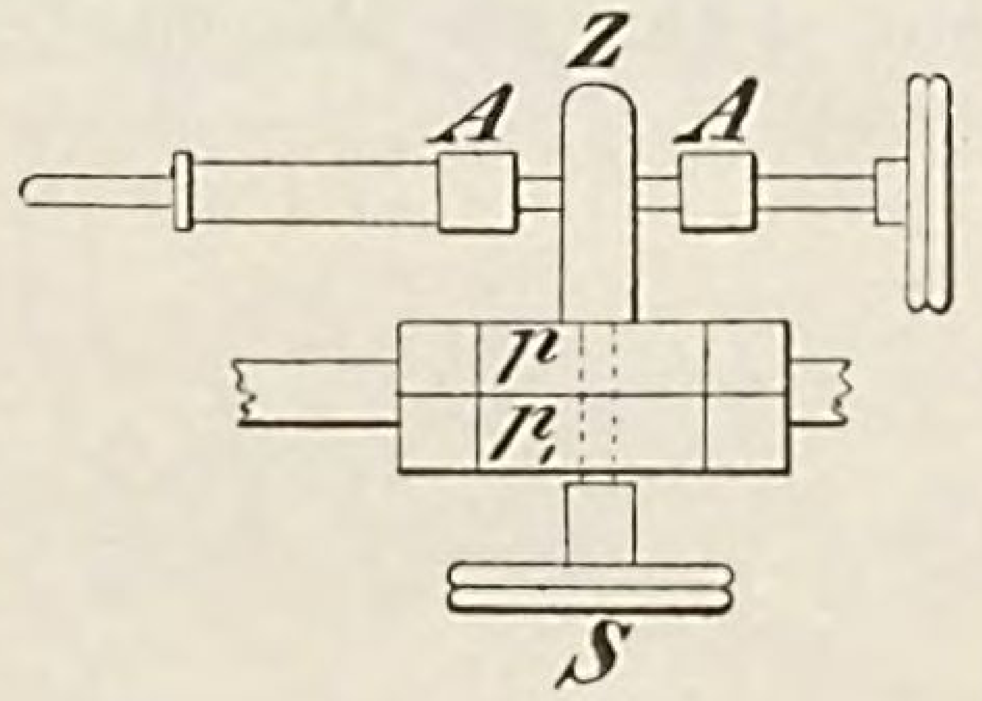


Fig. 79.

Die peripherische Klemmung.

Das Klemmen geschieht am besten an der Drehachse selbst (die zentrale Klemmung). Als Beispiel der im einzelnen mannigfaltigen Vorrichtung mag die Fig. 77 dienen. Um die schraffierte Achse ist ein Klemmring gelegt, der mittels der Klemmschraube *K*, die gegen das in der Figur schwarz ausgefüllte Zwischenstück wirkt, fest mit der Achse verbunden wird. An dem Klemmring sitzt die gegabelte Nase *N*, die den Anschlagzapfen *Z* des festen Teiles umfaßt. Die Drehung um die Achse *A* ist nunmehr nur soweit möglich, wie der Spielraum des Zapfens *Z* in der gegabelten Nase beträgt. Diese Bewegung wird auf der einen Seite durch die Schraube *S*, auf der anderen durch einen Federstift geregelt.

Bei Scheiben oder Kreisen, die sich dicht übereinander drehen (z. B. der Hauptkreis und die Alhidade des Theodoliten), wendet man auch die peripherischen Klemmen an. Zu diesem Zwecke werden die Scheiben mit hervorstehenden Rändern versehen (Figg. 78 u. 79). Den Rand der unteren Scheibe (Hauptkreis) umfassen zangenartig die beiden Klemmplatten *PP*, die durch die Schraube *S* fest zusammengepreßt werden. Auf der oberen Klemmplatte steht der Anschlagezapfen *Z*, der von dem gabelförmigen Ansatzstück *A* des oberen Kreises (Alhidade) umfaßt wird. Der obere Kreis kann nur noch soviel gedreht werden, als der Spielraum des Anschlagzapfens *Z* zwischen der Gabel des Ansatzstückes *A* beträgt.

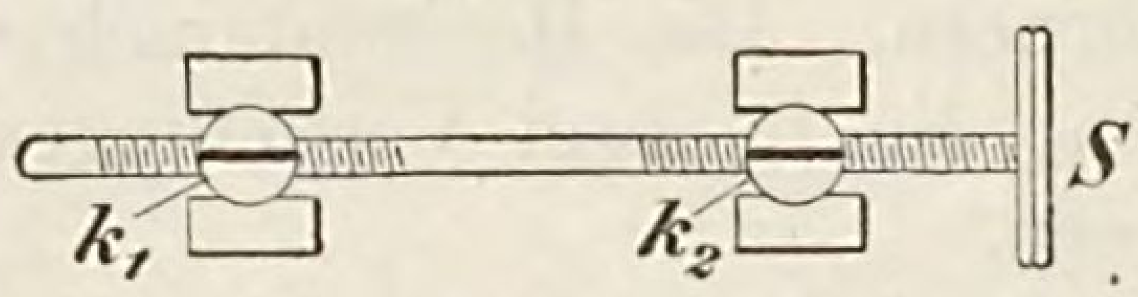


Fig. 80. Kugelmuttern.

Eine andere Einrichtung besteht darin, daß sowohl die obere Klemmplatte als auch der Rand des oberen Kreises mit einem gegabelten Arm versehen ist, in denen sogenannte Kugelmuttern K_1 K_2 mit verschiedenen Gewinden gelenkartig eingefügt sind (Fig. 80). Durch die Kugelmuttern geht die Schraube *S*, ebenfalls mit den entsprechenden verschiedenen Gewinden, wodurch die Feinbewegung der beiden Scheiben ermöglicht wird. (Differentialschraube.) Häufig ist nur eine Kugelmutter K_1 vorhanden, während die zweite Kugel fest an der Schraube sitzt.

Am Schluss ist noch die Schraube ohne Ende zu erwähnen, die nur selten als Mikrometerwerk benutzt wird.

Viertes Kapitel.

Der Theodolit.

§ 29. Das wichtigste Winkelmeßinstrument ist der Theodolit.

Über die Ableitung des Wortes Theodolit findet man Auskunft in Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie B. 133 S. 192 u. 349.

Man hat versucht dasselbe zu erklären als Zusammensetzung des Wortes *θεάω* = *θεάομαι* sehen mit *ὁδός* Weg und *λίθος* Stein, oder mit *δολιχός* lang, ferner mit *δῆλος* offenbar, deutlich und *ἴτυς* Umkreis, aber diese Ableitungen sind neueren Datums und erscheinen gezwungen.

Die am weitesten zurückgreifenden Angaben sind aus einer Notiz des Professors A. de Morgan in d. Philosoph. Magazine von 1846 (Ser. III, Vol. XXVIII p. 287) enthalten. Diese lautet wörtlich:

Das Wort (Theodolite) ist ausschließlich englisch, und seiner wird erst in verhältnismäßig neueren Zeiten von Ausländern erwähnt. Die *Encyclopédie méthodique* (1789) giebt zwar das Wort, aber ohne Hinweisung auf seinen Ursprung. *Savériens Dictionnaire* (1753) sagt jedoch, daß der *Theodotile* (so schreibt er) ein bei den Engländern gebräuchliches Instrument sei, welches sehr dem Graphomètre ähnle.

Ich finde, fährt Prof. de Morgan fort, daß der Gebrauch des Wortes zurück geht bis zur „*Geometrical practise named Pantometria*“ begonnen von Leonhard Digges und beendet von seinem Sohne Thomas Digges (London) 1571, 4^0 Neue Auflage 1591). Allein, wie es scheint, ist das Wort schon damals nicht neu gewesen. Kapitel 27 handelt von „*the composition of the instrument called Theodelitus*“ und aus verschiedenen Äußerungen geht hervor, daß das Wort hier ein Adjektiv oder ein Partizip ist. Dieser „*circle called Theodelitus*“ oder diese „*Planisphere called Theodelitus*“ ist nichts als ein geteilter Kreis mit einem drehbaren Durchmesser, versehen mit Dioptern, und horizontal gestellt. Vertikal gehalten, würde er das Astrolabium jener Zeit gewesen sein und nichts anderes.

Ein Lineal mit Absehen, auf einem geteilten Kreise drehbar, war ein Bestandteil verschiedener astronomischer Instrumente, die vom Orient in Europa eingeführt wurden, und ward mit dem arabischen Namen Alhidada belegt. Das Wort Alidade oder Alhidade (denn beides wird geschrieben) ist in Frankreich vollständig eingebürgert. Es wurde auch von englischen Schriftstellern des sechzehnten Jahrhunderts gebraucht, unter anderen von Digges selbst. Da der *Theodolite* nichts anderes war als ein geteilter Kreis mit einer *Alidade*, so dürfte wohl ein Zusammenhang zwischen beiden Worten zu vermuten sein. Allein die Worte sind so verschieden, daß ich niemals bei dem einen an das andere gedacht haben würde, wenn ich nicht zufällig bei einem Zeitgenossen des Digges eine intermediäre Bildung gefunden hätte, welche die beiden Worte näher zusammen bringt. William Bourne in seinem 1578 erschienenen „Treasure for Travailers“ gebraucht das Wort Theodelit nicht, sondern nennt das Instrument „*horizontal or flatte sphere*“. Das Wort Alhidada schreibt er anfangs *alydeday*, verwandelt es aber bald und für stetig in *athelida* und dies ist der einzige technische Ausdruck in seiner Beschreibung dessen, was Digges Theodelit nennt. Hieraus kann ich nicht anders schließen, daß „*the theodelited circle*“ von Digges und „*the athelidated circle*“ von Bourne, womit sicher dieselben Dinge bezeichnet werden, nur verschiedene Korruptionen des arabischen Wortes sind, dessen erste europäische Form *alhidada* ist.

§ 30. Als Vorläufer des Markscheidertheodoliten sind die sogenannten Eisenscheiben zu betrachten, die schon von Nicolaus Voigtel in seiner im Jahre 1713 in Eisleben erschienenen Markscheidekunst (geometria subterranea) beschrieben worden sind.

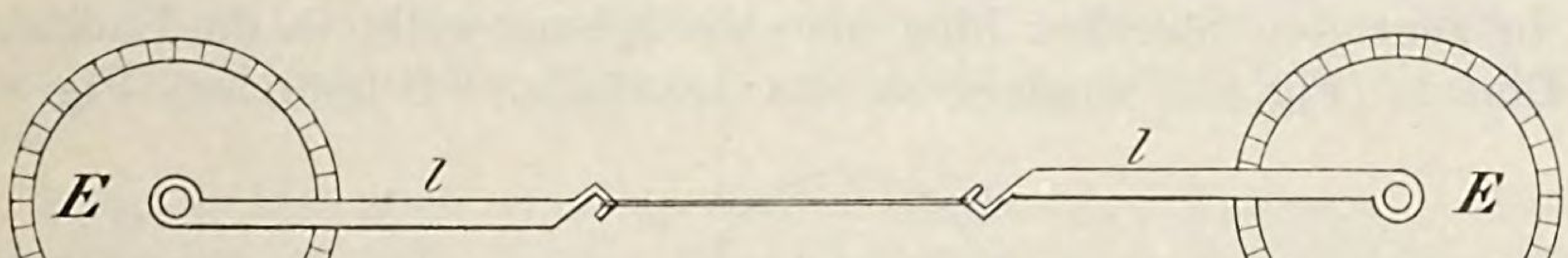


Fig. 81. Eisenscheiben.

Den Namen Eisenscheiben erhielten diese Apparate, weil sie in Eisensteinsgruben gebraucht wurden. Zur Ausführung einer Messung waren mindestens zwei solcher Scheiben erforderlich (Figg. 81 u. 82). Die Eisenscheibe ist auf einem Bügel befestigt, der unten in ein Kugelgelenk ausläuft. Genau in der Mitte der Scheibe ragt ein Röhrchen *r* oben und unten um einen Scheibenhalbmesser heraus, durch das eine an den Enden zusammengebundene „gewächste“ Schnur gezogen war.

Um die Röhrchen drehte sich eine über den Scheibenrand hinaus ragende Regel (Lineal) *l*, die vorn einen Haken zum Einhängen der Schnur hatte.

Der Gebrauch in horizontalen Strecken war folgender. Die Scheibe *A* (Fig. 83) wurde auf den Anfangspunkt, die Scheibe *B* auf den Endpunkt der ersten Polygonseite geschraubt (Spreizen). In die Endhaken der Regel wurde eine Schnur gespannt und dadurch beiden Kanten des Lineals eine gleiche Richtung gegeben. Die beiden Scheiben drehte

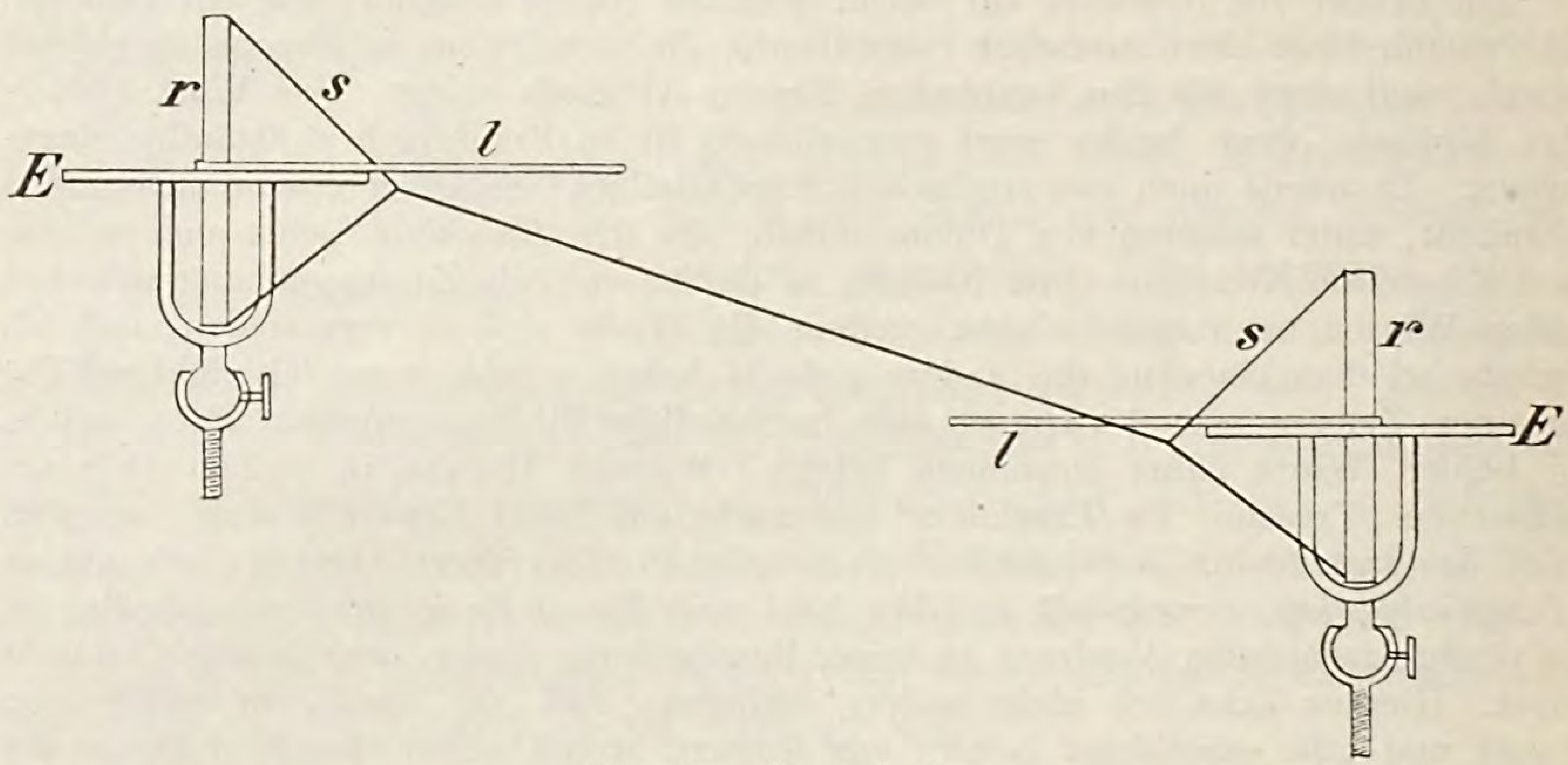


Fig. 82. Eisenscheiben.

man so, daß beide Linealkanten an dem Anfangsradius der Teilung anlagen. Hierauf brachte man, wenn kein drittes Exemplar vorhanden war, die Scheibe *A* nach *C* und verband die Lineale der Scheiben auf *B* und *C* wie vorher. Dadurch wurde das Lineal um den Winkel *ABC* gedreht, der auf der Teilung der Scheibe *B* abgelesen werden konnte.

In geneigten Strecken hing man die Schnur nicht in die Endhaken der Lineale (Fig. 81), sondern an das „gewächste" Schnürchen (Fig. 82).

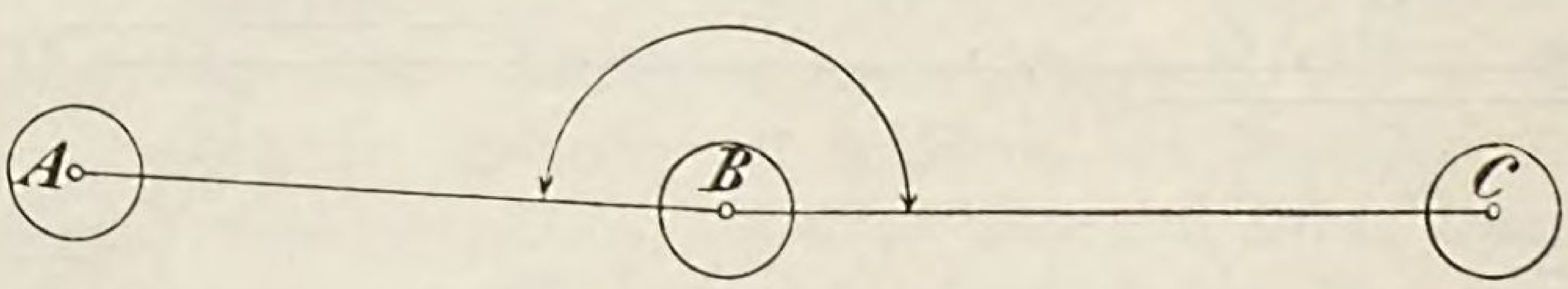


Fig. 83. Eisenscheiben.

An diese straff gespannte Schnur legte man die Kanten der Lineale und verfuhr im übrigen wie vorher.

Die Eisenscheiben sind später verbessert und vervollkommnet, was hier übergangen werden kann.

Ein weiterer wesentlicher Fortschritt in der Entwickelung des Markscheidertheodoliten wurde im Jahre 1798 von dem Hessen-Philippsthalschen Hofmechanikus und Optikus, dem späteren Bückeburgschen Professor

H. C. W. Breithaupt[1] gemacht. Er verfertigte ein Instrument, das schon die Grundzüge des jetzt gebräuchlichen Repetitionstheodoliten enthielt und führte damit auf den Riechelsdorfer Kupferschieferwerken mehrere Grubenzüge aus.

Das Instrument selbst und der Gebrauch desselben ist beschrieben in einem Buche mit dem Titel: Beschreibung eines neu erfundenen Markscheiderinstrumentes nebst Anweisung zum Gebrauch u. s. w. Kassel 1800. Der Name Theodolit taucht später auf.

In Österreich wurde die Anwendung des Theodoliten für Grubenmessungen im Jahre 1835 durch den Schemnitzer Professor Bergrat Lang von Hanstadt zuerst öffentlich gelehrt und empfohlen.

Zu derselben Zeit lieferte die Firma F. W. Breithaupt & Sohn in Kassel vervollkommnete und verbesserte Theodolite und im Jahre 1836 wurde in Deutschland der erste Grubenzug mit einem solchen Instrumente vom Markscheider Prediger zur Angabe von Gegenörtern in dem ca. 2000 m langen Ensdorfer Stolle der Steinkohlenzeche „Kronprinz“ bei Saarlouis ausgeführt.

Im Jahre 1851 hatte der Theodolit schon eine allgemeinere Verbreitung, wie namentlich aus den Aufsätzen in den Nummern 14, 25 28, 39 und 40 des Bandes XIV der damals in Eisleben erscheinenden Fachzeitschrift „Der Bergwerksfreund“ hervorgeht.

§ 31. Die Größe und Form der Theodoliten ist sehr verschieden. Hier kommen nur die vorwiegend in Betracht, die für den Grubengebrauch wichtig sind.

Man unterscheidet zunächst einfache und Repetitionstheodoliten.

Der Hauptkreis des Repetitionstheodoliten ist drehbar und mit einem Feinstellwerke versehen, der des einfachen Theodoliten ist entweder gar nicht oder doch nur roh drehbar, also ohne Feinstellwerk.

Dann geben noch einzelne Einrichtungen und Zuthaten Anlaß zu Unterscheidungen z. B. ob das Fernrohr zentrisch in der Mitte der Kippachse oder exzentrisch am Ende derselben angebracht ist, ob die Ablesung mit Hilfe der Nonien oder durch Mikroskope erfolgt. Wichtig ist die Länge des Teilkreisdurchmessers und sie wird als Maßstab für die Leistungsfähigkeit des Theodoliten häufig angeführt.

Die Markscheidertheodoliten dürfen keine Metalle enthalten, die auf die Magnetnadel wirken, damit je nach Bedürfnis eine Orientierungsbussole oder ein Magnetstab mit Fadenaufhängung damit verbunden werden kann (Magnettheodolit).

[1] Ein Großonkel der zeitigen Inhaber der Firma F. W. Breithaupt & Sohn in Kassel.

Aus der schematischen Skizze des senkrechten Schnittes Fig. 84 sind die einzelnen Teile des Theodoliten zu ersehen. Diese sind der Fuß *F*, der Hauptkreis *K*, der Nonienkreis oder die Alhidade *A* mit

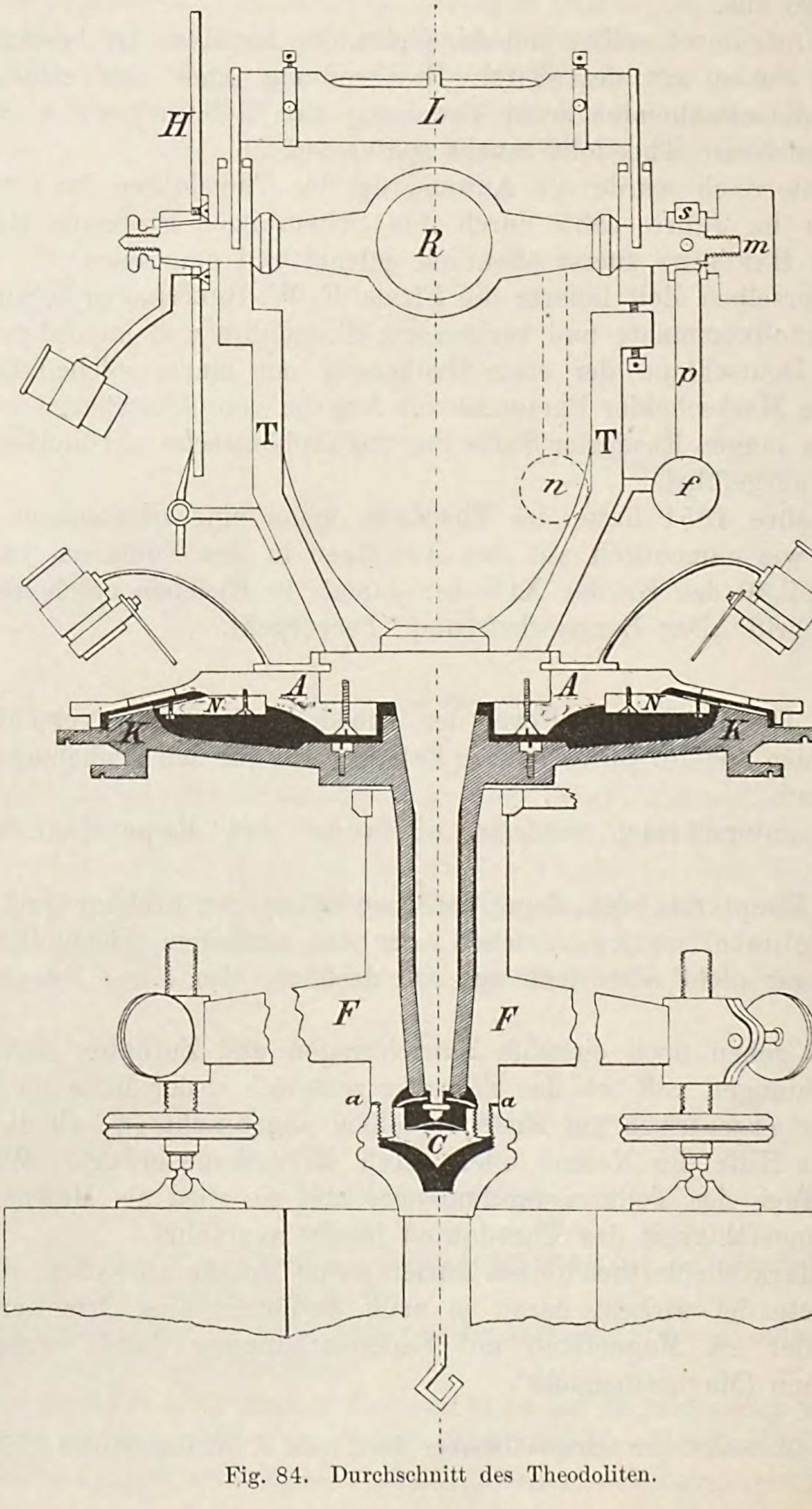


Fig. 84. Durchschnitt des Theodoliten.

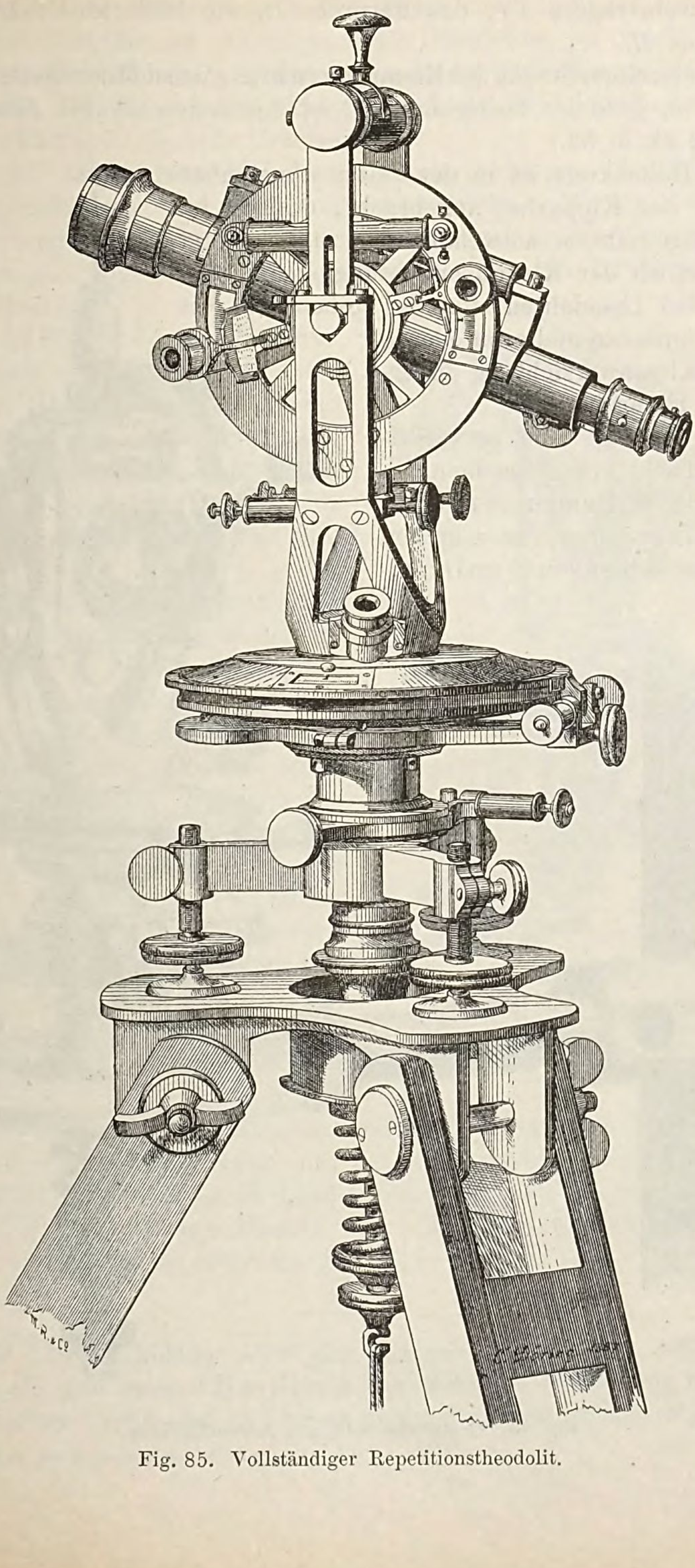


Fig. 85. Vollständiger Repetitionstheodolit.

den Fernrohrträgern *TT*, das Fernrohr *R*, die Reiterlibelle *L* und der Höhenkreis *H*.

Die einzelnen Stücke der Klemmvorrichtung nebst Mikrometerschraube sind mit *s*, *p* und *f* bezeichnet. *C* ist der angeschraubte Zentrierstift. (Vergl. §§ 25 u. 52.)

Der Höhenkreis ist in der Skizze abnehmbar am Ende der Kippachse angebracht, deshalb ist das Gegengewicht *m* notwendig, das zugleich zum Festschrauben der Klemmvorrichtung dient. Bei den meisten Theodoliten sitzt der Höhenkreis fest auf der Kippachse und zwar ebenso wie die Klemmvorrichtung innerhalb der Fernrohrträger.

Fig. 85 zeigt eine perspektivische Ansicht eines aus dem Institut von F. W. Breithaupt & Sohn in Kassel hervorgegangenen großen Grubentheodoliten von 15 cm Durch-

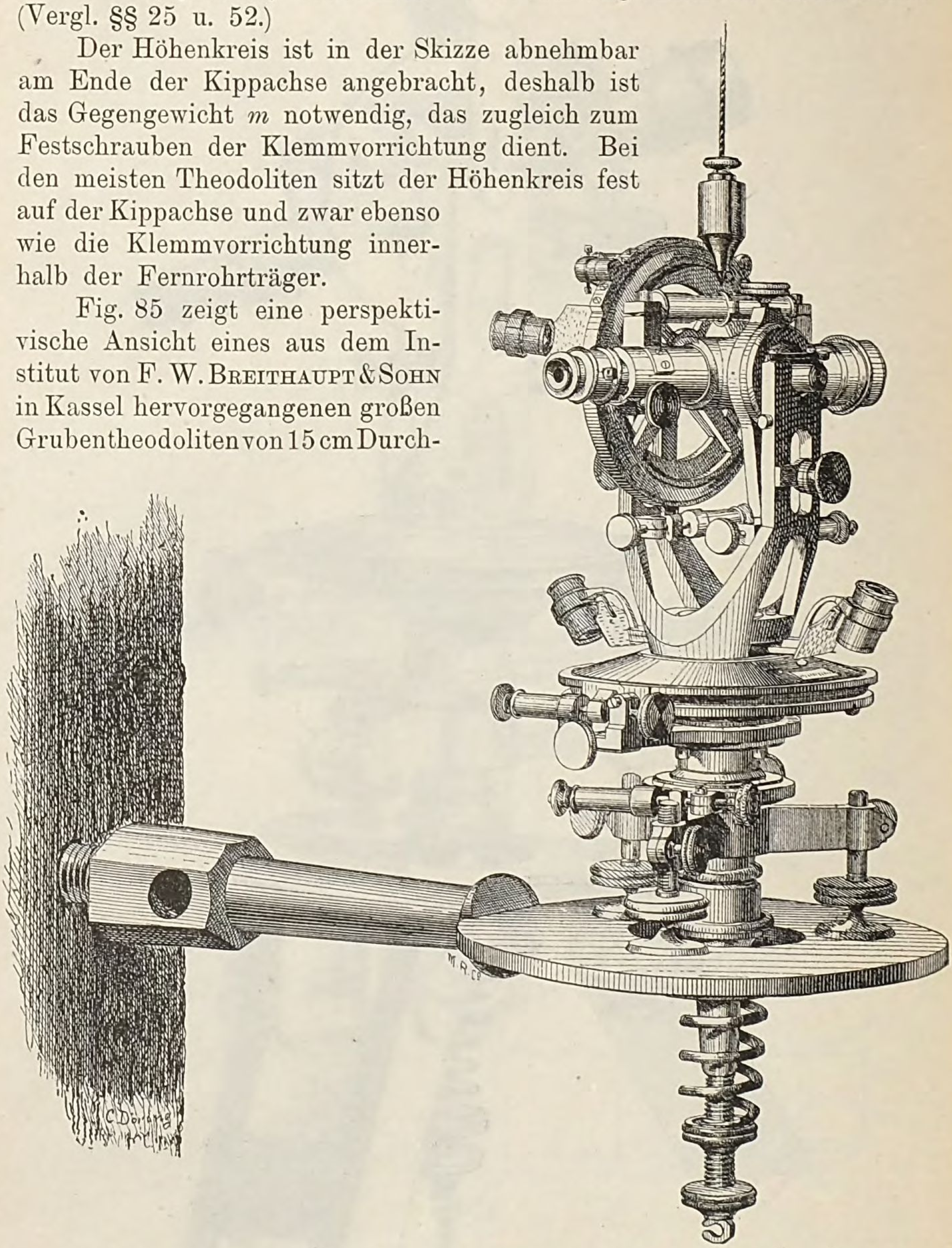


Fig. 86. Grubentheodolit mit Armaufstellung.

messer und einer Nonienangabe des Haupt- und Höhenkreises von 30 Sekunden. Derselbe ist mit allen neuen Einrichtungen versehen, z. B. hat er verdeckten Höhenkreis, distanzmessendes Fadenkreuz, Reiter- und Dosenlibelle, Libelle auf dem Fernrohr und auf der Alhidade des Höhenkreises, schließlich zentrale Bremsung.

Fig. 86 zeigt einen kleineren Breithaupt'schen Theodoliten von 12,5 cm Durchmesser mit einer Nonienangabe von 1 Minute, der ähnlich konstruiert ist wie der vorige. Der Theodolit ist in der Armaufstellung abgebildet und zugleich ist die Zentrierung durch ein darüberhängendes Lot angedeutet.

Der in Fig. 87 dargestellte Grubentheodolit von Breithaupt, der nur 8 cm Durchmesser und eine Nonienangabe von einer Minute hat, wird in der Grube mit Vorliebe zu Nachtragsarbeiten benutzt. In der Figur fehlen die Lupen und die Überdeckung des Limbus.

In Fig. 88 ist ein exzentrischer Grubentheodolit mit Bussole wiedergegeben.

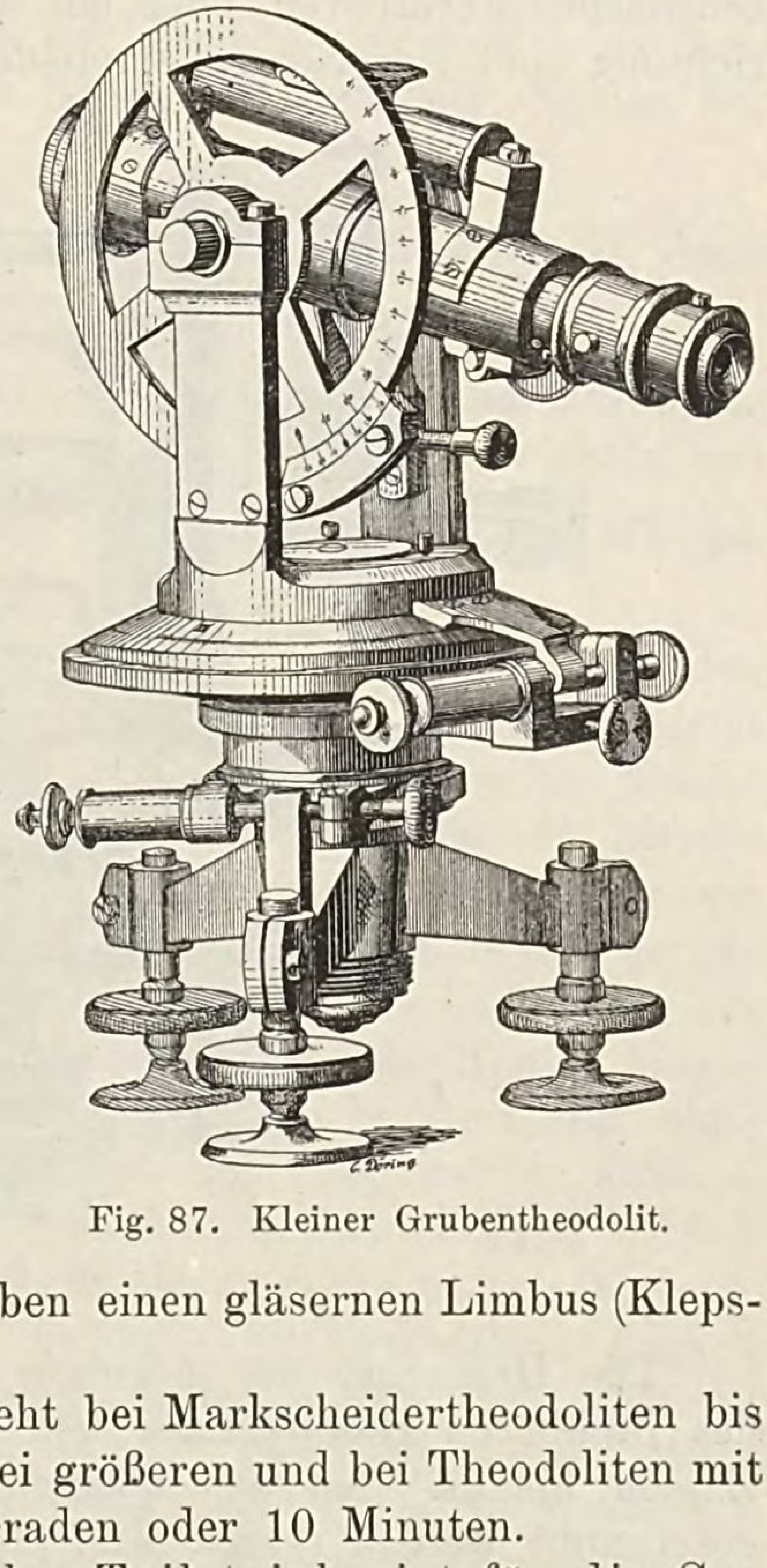


Fig. 87. Kleiner Grubentheodolit.

Der Hauptkreis (in dem Querschnitt Fig. 84 schraffiert) ist auf dem erhöhten Rande mit einem Streifen Feinsilber belegt, auf dem die Teilung angebracht ist. Diesen Teil des Hauptkreises nennt man den Limbus. Die Fläche der Teilung liegt des bequemeren Ablesens wegen auf einer dem Auge zugeneigten Kegelfläche. In neuerer Zeit wird die Teilung auch auf einem Zylindermantel angebracht. Kleine Kreise haben einen gläsernen Limbus (Klepszykel).

Die Teilung des Hauptkreises geht bei Markscheidertheodoliten bis zu halben oder Drittel-Graden, nur bei größeren und bei Theodoliten mit Mikroskopablesung bis zu Sechstel-Graden oder 10 Minuten.

Die gleichmäßige Breite aller Teilstriche ist für die Genauigkeit der Ablesung von größter Wichtigkeit.

§ 32. **Die Alhidade** oder der **Noniuskreis** ist eine tellerförmige Scheibe, die den ganzen Hauptkreis zum Schutze der Teilung überdeckt. An der inneren Seite sind an kleinen angeschraubten Platten NN (Fig. 84)

die Nonien angebracht. Das sind kurze mit Feinsilber belegte bogenförmige Metallstreifen, die mit einer Teilung versehen sind und bei der Drehung der Alhidade an dem Limbus entlang gleiten. Für die Nonien ist der Alhidadenmantel an zwei bezw. vier Stellen durchbrochen und mit Plangläsern verdeckt. Die Nonien sollen diametral gegenüber stehen und befinden sich bei zentrisch sitzendem Fernrohre am zweckmäßigsten in der Richtung der Kippachse, bei exzentrischem Fernrohre in der Richtung der Fernrohrachse.

Bei Markscheidertheodoliten mit wechselbaren zentrischen und exzentrischen Fernrohren, oder mit der in Fig. 95 § 35 dargestellten Einrichtung sind vier Nonien empfehlenswert.

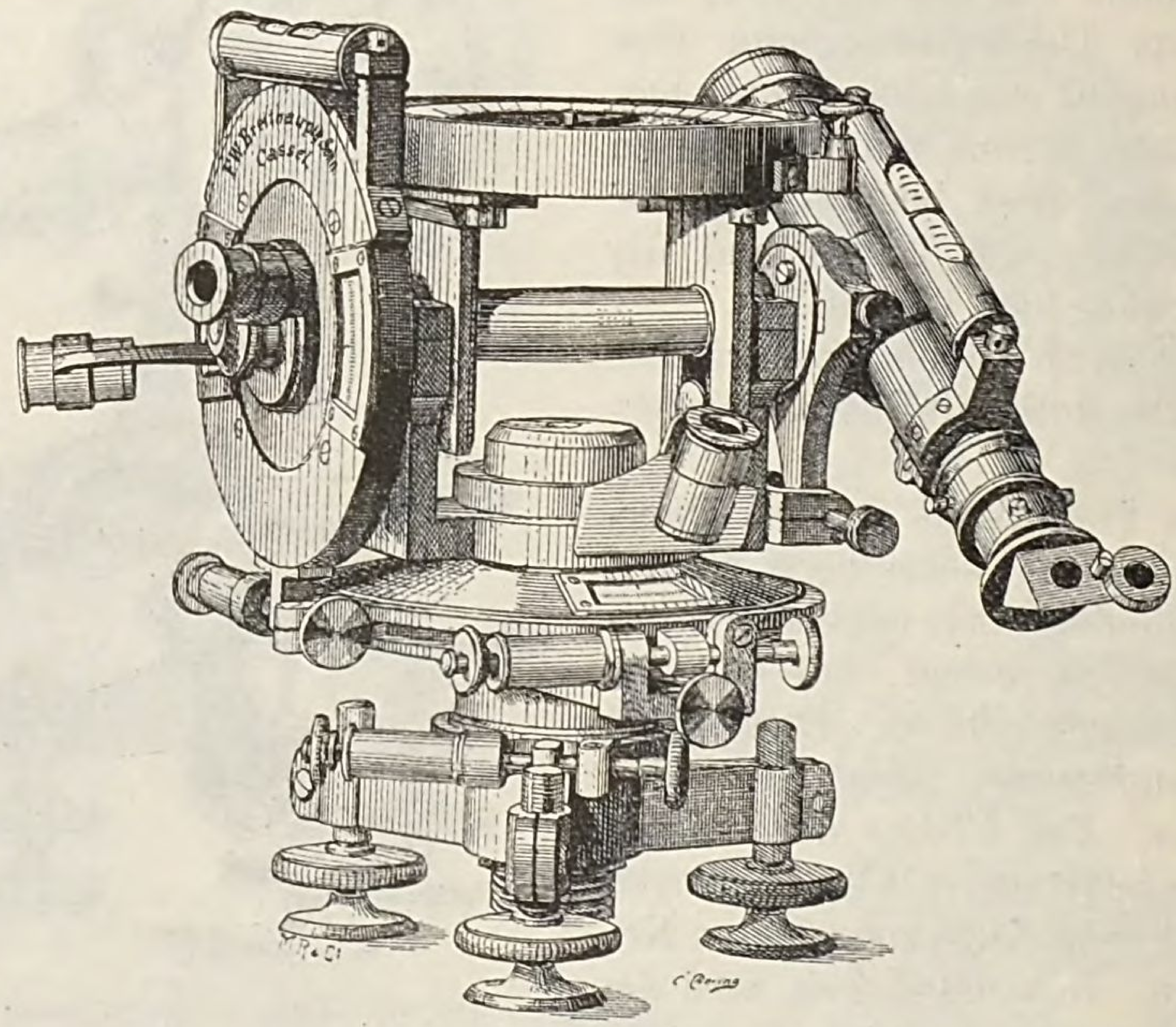


Fig. 88. Grubentheodolit.

Die Drehachse der Alhidade steckt in dem hohlen Achsenzapfen des drehbaren Hauptkreises und ragt meist nach unten über diesen Zapfen hinaus. An das überschießende Ende kann ein Zentrierstift geschraubt werden (vergl. Fig. 113 zu § 52). Zuweilen wird das Gewicht der Alhidade durch eine Federbrücke abbalanziert (Fig. 84 zu § 31).

§ 33. **Die Einrichtung und Gebrauch der Nonien.** — Der kurze Noniusbogen enthält einen mit Null bezeichneten Indexstrich und eine Teilung, die mit der Teilung des Hauptkreises insofern im Zusammen-

hange steht, als n Noniusteile immer gleich $(n-1)$ Hauptteile sind. Jeder Noniusteil ist also kleiner als ein Hauptteil.

Derartige Nonien heißen nachtragende und sind allgemein im Gebrauch, die vortragenden Nonien, bei denen ein Noniusteil größer ist als ein Hauptteil, kommen nicht vor.

Die Angabe des Nonius $(T-t)$ nennt man den Unterschied des Wertes eines Hauptteiles T und eines Noniusteiles t. Aus der Gleichung $nt = (n-1)T$ findet man $T - t = \frac{T}{n}$, d. h. die Angabe des Nonius ist gleich dem Wert eines Hauptteiles dividiert durch die Anzahl der Nonienteile. Ist z. B. der Limbus eingeteilt in Drittelgrade (20′) und hat der Nonius 20 Teile, so giebt der Nonius an: $\frac{20 \text{ Minuten}}{20} = 1$ Minute.

Bei gleichem Werte des Hauptteiles habe der Nonius 40 Teile, dann giebt der Nonius an $\frac{20 \text{ Minuten}}{40} = {}^1/_2$ Minute.

Ist ferner ein Limbusteil $= {}^1/_6$ Grad (10 Minuten = 600 Sekunden) und soll der Nonius 10 Sekunden angeben, so ist n zu entwickeln aus $\frac{T}{n} = 10''$, $\frac{600}{10} = 60$. Demnach müssen 59 Limbusteile in 60 Teile geteilt werden.

Der Gebrauch des Nonius ist einfach. Man liest zunächst den Winkel ab, der von dem Nullstriche (Indexlinie) des Nonius angezeigt wird (die Rohablesung) und zählt dann, wenn die Indexlinie des Nonius nicht mit einem Limbusstriche in eine gerade Linie fällt, die Striche des Nonius vom Nullstriche im Sinne der Bezifferung des Hauptkreises bis zu dem Noniusstriche, der mit einem Striche des Limbus eine gerade Linie bildet (einsteht). Soviel solcher Teilstriche auf dem Nonius gezählt wurden, so oft ist der Rohablesung die Angabe des Nonius hinzuzufügen. Zur Erleichterung sind die Noniusteile so beziffert, daß ohne Rechnung die Minuten und Sekunden gleich abgelesen werden können.

Das Aufsuchen des einstehenden Teilstriches wird durch vorheriges Abschätzen am Indexstrich ungemein erleichtert.

Zum Ablesen der Nonien dienen drehbare und verstellbare Lupen, denen hierbei stets eine solche Stellung gegeben werden soll, daß die einstehenden Teilstriche zur Vermeidung der Parallaxe in der Mitte des Gesichtsfeldes sich befinden. Die Ebene der Nonien liegt nämlich ein wenig tiefer als die des Hauptkreises. Die Kennzeichnung der Mitte des Gesichtsfeldes durch einen kleinen Zeiger ist zu empfehlen.

Bei sehr feiner Teilung des Limbus ist es ratsam, nicht bloß die beiden einstehenden Striche von Nonius und Hauptkreis, sondern auch, ohne die Lupe zu verdrehen, die rechts und links liegenden und deren gleichmäßige oder ungleichmäßige Abweichung (Bayonettstellung) zu beobachten (Fig. 89). Der Nonius ist zu diesem Zwecke am Null-

punkte für das oft vorkommende Einstellen von Null auf Null, so nennt man das Einstellen des Noniusindex auf den Anfangsstrich der Teilung, mit einigen überzähligen Teilstrichen, der sogenannten Überteilung versehen. Diese findet sich auch am Ende des Nonius und leistet bei der Prüfung der Hauptkreisteilung ihre Dienste. (Vergl. § 38.)

Oft findet ein vollständiges Zusammenfallen von Nonius- und Limbusstrich nicht statt, sondern zwei Striche des ersteren stehen zwischen zwei Strichen des letzteren. In diesem Falle ist der Überschuß über die Noniusangabe abzuschätzen.

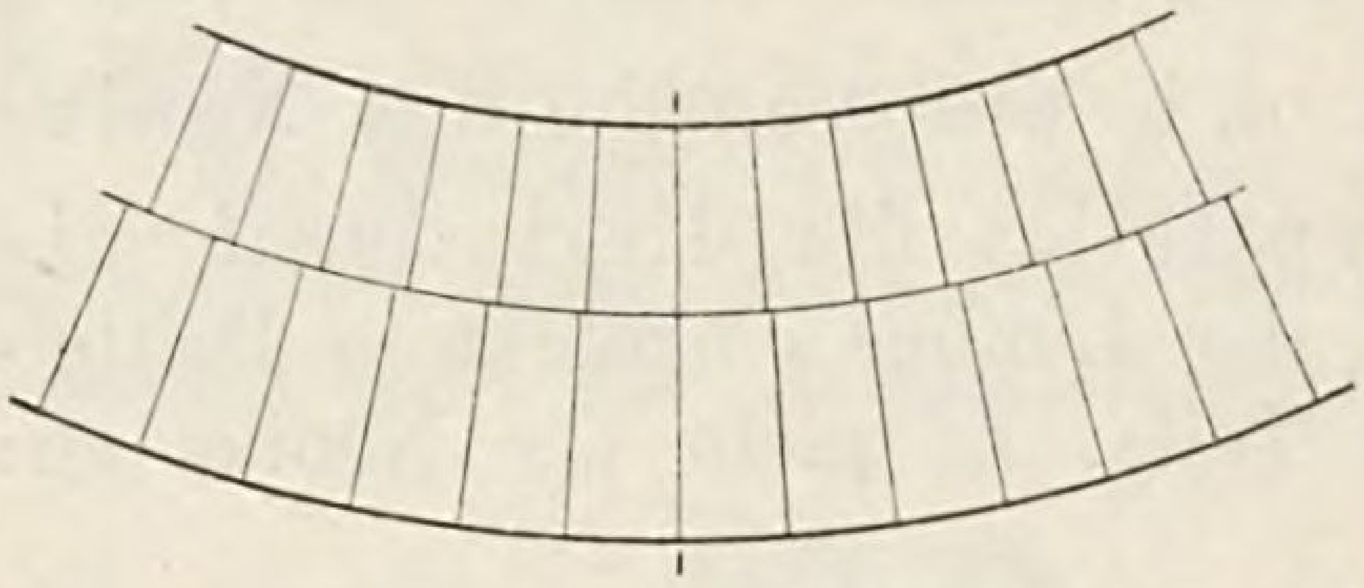


Fig. 89. Bayonettstellung der Nonius- und Hauptkreisstriche.

Doppelnonien sind solche, welche zu beiden Seiten des Nullpunktes eine gleiche Teilung haben. Sie sind am Höhenkreise des Theodoliten notwendig. Zur Belichtung sind die Nonien mit Blenden aus Milchglas, aus Elfenbein oder aus steifem, weißen Papier versehen.

§ 34. **Die mikroskopische Ablesung** ist zwar bei den Grubentheodoliten noch nicht eingeführt, darf aber hier ihrer anderweitigen Verbreitung wegen nicht ganz übergangen werden.

Es giebt zwei verschiedene Ablesemikroskope:

1) das mit Mikrometerschraube,

2) das mit Abschätzungskala.

Zu 1. Ein zusammengesetztes Mikroskop ist so gegen die Teilung gerichtet, daß diese deutlich und stark vergrößert gesehen wird. Im Gesichtsfelde ist ein feiner vertikaler Doppelfaden auf einem Rähmchen angebracht, das eine Schlittenführung hat und mittels Mikrometerschraube und Spiralfeder hin und her geschoben werden kann. Die sehr sorgfältig gearbeitete Mikrometerschraube hat ihre Mutter in einem Knopfe, der sich nicht verschieben läßt.

An dem Knopfe der Schraubenmutter ist eine größere Trommel mit eingeteiltem Rande befestigt, der an einem feststehenden Zeiger vorübergleitet.

Im Okularteile des Mikroskops ist ein feststehender Rechen angebracht, dessen Zähne einen solchen Abstand haben, daß ein Verschieben des Doppelfadens von einem Zahn zum anderen einer Umdrehung der Mikrometerschraube entspricht. Der Nullzahn ist durch ein Loch gekennzeichnet und auf diesen wird vor Beginn der Messung der Doppelfaden eingestellt. Dann zeigt auch der Index an der Schraubentrommel nahezu auf Null.

Die eben erwähnten Einstellungen auf Null brauchen nicht sehr genau zu sein, da sie nur die richtige Rohablesung bis zu 10 Minuten sichern sollen.

Fig. 90 zeigt das Gesichtsfeld des Mikroskops bei Beginn der Messung. Man sieht von der Teilung, die bis zu $^1/_6$ Graden geht, wenig mehr als einen Grad. Die Gradstriche sind mit den Ziffern 1 bis 9 versehen und die Zahlen von 10 zu 10 Grad sind eingeschnitten. Die Zehnergrade werden an einem Hilfsnonius mit bloßem Auge abgelesen.

Die Rohablesung würde in dem vorliegenden Falle (Fig. 90) 12° 20′ sein. Sodann verschiebt man durch die Mikrometerschraube die Fäden so weit rückwärts, bis man den nächsten Teilstrich zwischen ihnen sieht (Fig. 91). Den Wert der Verschiebung liest man an den Zähnen des Rechens im Gesichtsfelde (Anzahl der Schraubenumdrehungen) und an der Trommelteilung ab. Meist ist eine unmittelbare Ablesung bis zu einer Sekunde möglich.

Zur Prüfung kann man die Fäden in entgegengesetzter Richtung, also vorwärts bis zum nächsten Teilstrich verschieben. Beide Trommelablesungen sollen sich zu 10 Minuten ergänzen.

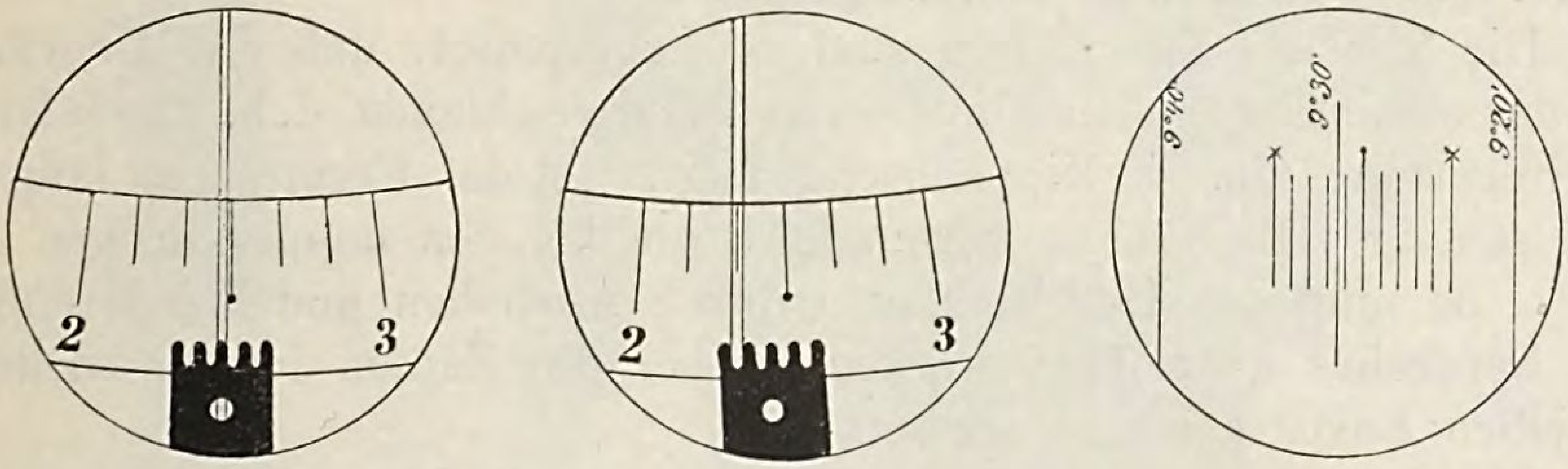


Fig. 90. Fig. 91. Fig. 92.
Gesichtsfelder des Schrauben- und Abschätzungsmikroskops.

Das Einschieben des Fadens von links giebt häufig einen anderen Wert, als das von rechts, deshalb ist es zweckmäßig, immer nur in einer Richtung die Einstellung herbeizuführen.

Zu 2. Das Abschätzungsmikroskop hat in der Ebene, in der das reelle Bild der Hauptteilung entsteht, eine Skala, die nur einen Hauptintervall also 10 Minuten unterteilt.

Fig. 92 zeigt das Gesichtsfeld des Mikroskops. Der mit Kreuzen bezeichnete Strich der Skala ist der Indexstrich und der über die Rohablesung 9° 30′ überschießende Teil wird abgeschätzt.

Bei der bedeutenden Vergrößerung ist es möglich, Zehntel-Minuten mit Sicherheit abzuschätzen. Da das Gesichtsfeld nicht mehr als 3 Hauptintervalle umfaßt, so muß jeder Teilstrich mit Grad- und Minutenzahl versehen sein.

Die Abschätzungsmikroskope sind leichter zu handhaben, als die mit Mikrometerschraube und sind der Abnutzung nicht so unterworfen, wie diese.

Diese allein haben auch Aussicht einst in der Grube angewendet zu werden.

§ 35. **Die Fernrohrträger und das Fernrohr.** Mit der Alhidade fest verbunden sind die Fernrohrträger, von denen einer die Vorrichtung zum Heben und Senken des Achsenlagers besitzt. (Figg. 75 u. 76 Seite 56.)

Das Fernrohr liegt mit dem Zapfen seiner Achse, der Kippachse, in diesen Lagern. Die Mittellinie der Kippachse soll rechtwinkelig zur Sehachse des Fernrohrs gehen und den Schwerpunkt des Rohres treffen. Beim Winkelmessen ist es nämlich sehr störend, wenn das Rohr so wenig im Gleichgewicht ist, daß es nach Lösung der Klemmschraube mit der Hand aufgehalten werden muß, damit das schwerere Objektivende nicht sofort sinkt oder gar hart auf den Alhidadenrand aufschlägt.

Das Fernrohr eines Theodoliten soll zum Durchschlagen und zum Umlegen eingerichtet sein.

Infolge des Durchschlagens wird dem Fernrohre eine derartig veränderte Lage gegeben, daß das Objektiv auf die Seite kommt, wo vorher das Okular war, und umgekehrt.

Die meisten Theodoliten sind so eingerichtet, daß das Überführen aus der einen Lage in die andere durch Durchschlagen, d. h. durch Drehen des Fernrohres um die Kippachse, erfolgt. Ist das Fernrohr zu lang oder sind sonstige Hindernisse vorhanden, wie bei den doppelachsigen Alhidaden, so muß das Durchschlagen durch Ausheben und Wiedereinlegen des Fernrohrs ausgeführt werden, wobei die Zapfen immer wieder in dieselben Lager kommen müssen.

Die Lage des Fernrohrs vor dem Durchschlagen nennt man die erste, die nach dem Durchschlagen die zweite.

Für diese Bezeichnung ist zwar zunächst die Reihenfolge entscheidend, aber es ist zweckmäßig ein für allemal die erste und zweite Lage durch bestimmte Merkmale zu unterscheiden, z. B. ob die Triebschraube des Okulars oben oder unten ist.

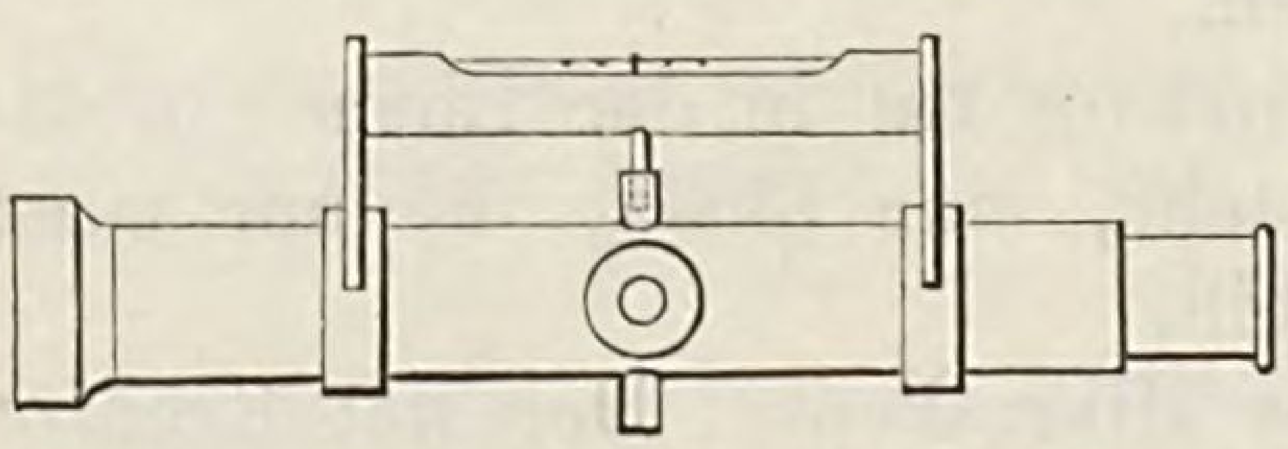


Fig. 93. Einrichtung des Theodolitenfernrohres zum geometrischen Nivellieren.

Das Umlegen des Fernrohrs besteht in dem Ausheben und Wiedereinlegen des Fernrohrs, aber mit vertauschten Achsenlagern, d. h. in das Lager, in dem vorher der linke Achsenzapfen war, kommt der rechte und umgekehrt. Okular und Objektiv bleiben in derselben Lage.

Um den Theodoliten zugleich zum Nivellieren verwenden zu können, wird häufig eine Röhrenlibelle (meist eine Reversionslibelle) fest mit dem Fernrohre verbunden, deren Achse mit der Sehachse parallel laufen soll (vergl. die Figuren 85. 86. 87), oder das Fernrohr ist mit zwei gleichen Ringen zur Aufnahme einer Aufsatzlibelle und in der Mitte mit einer aufrechtstehenden Hülse versehen, in welche ein an der Libelle befestigter Stift eingreifen kann (Fig. 93). Stift und Hülse schützen die aufgesetzte Libelle vor dem Herabfallen.

In stark fallenden Strecken, Bremsbergen oder tonnlägigen Schächten muß der Markscheider einen Theodoliten mit exzentrischem Fernrohre anwenden. Man benutzt hierzu kleine exzentrische Theodoliten (Fig. 94) oder zentrische Theodoliten mit einwechselbarem oder anschraubbarem, exzentrischem Fernrohre. Fig. 95 zeigt einen Breithaupt'schen Theodoliten mit der letzteren Anordnung.

Die Fernröhre der größeren Markscheidertheodoliten sollten ein distanzmessendes Fadenkreuz erhalten.

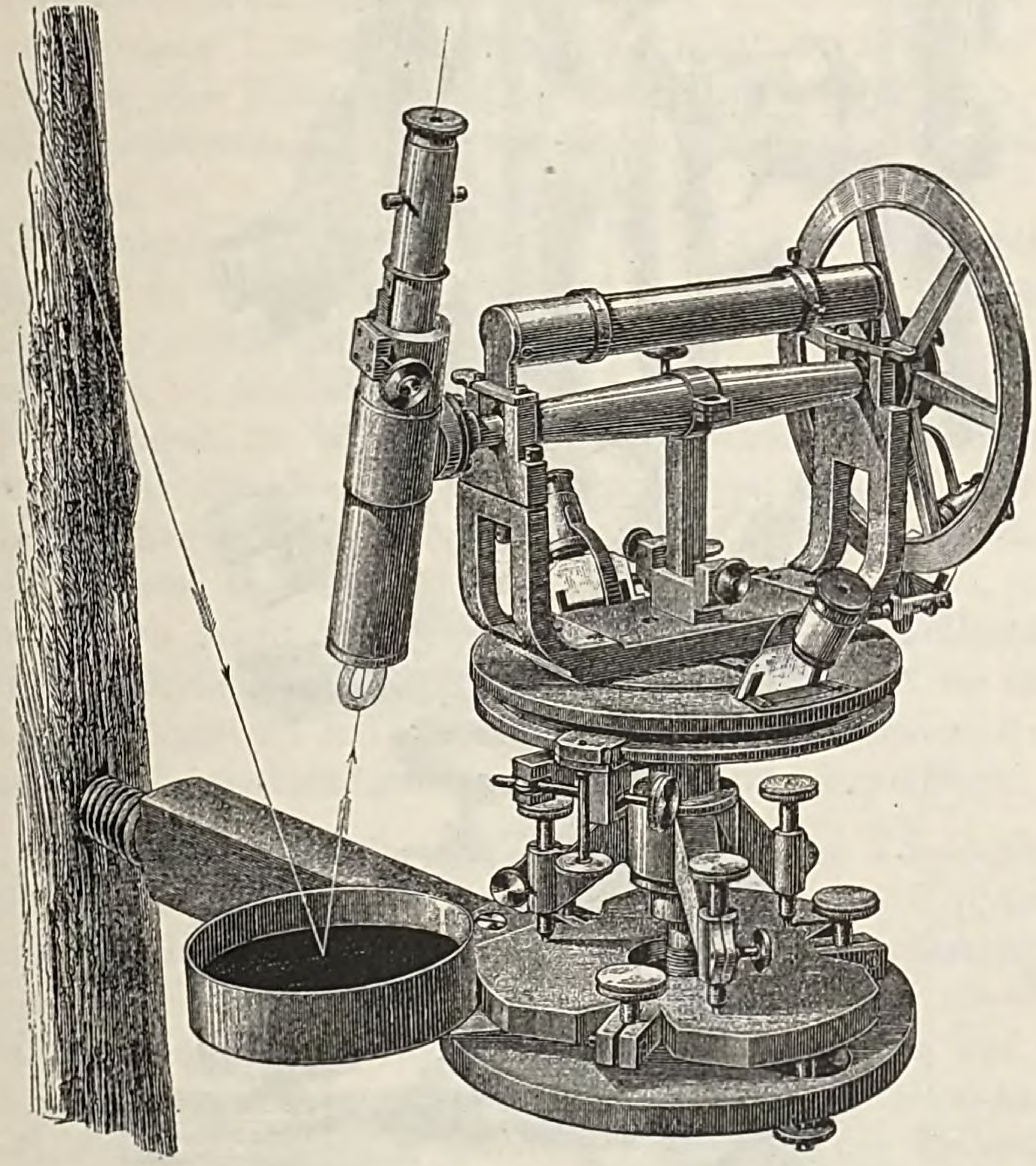


Fig. 94. Theodolit mit exzentrischem Fernrohr.

§ 36. **Der Höhenkreis** sitzt meist an der Kippachse fest, zuweilen, namentlich bei den Schachttheodoliten (Fig. 94), wird er, wie auch die Skizze Fig. 84 zeigt, auf das konische Ende der Kippachse aufgepreßt.

Die Bezifferung des Teilkreises ist verschieden.

1. Sie beginnt an zwei diametral gegenüberliegenden Punkten und zwar nach beiden Seiten bis zu 90 Grad. Bei horizontal gerichtetem Fernrohr soll der Indexstrich des Nonius auf Null stehen, und man kann in beiden Lagen des Fernrohres ohne weiteres an beiden Nonien die Höhen- und Tiefenwinkel ablesen.

2. Diese Bezifferung macht aber eine Verwechslung von kleinen Höhen- und Tiefenwinkeln leicht möglich, darum beziffert man zweck-

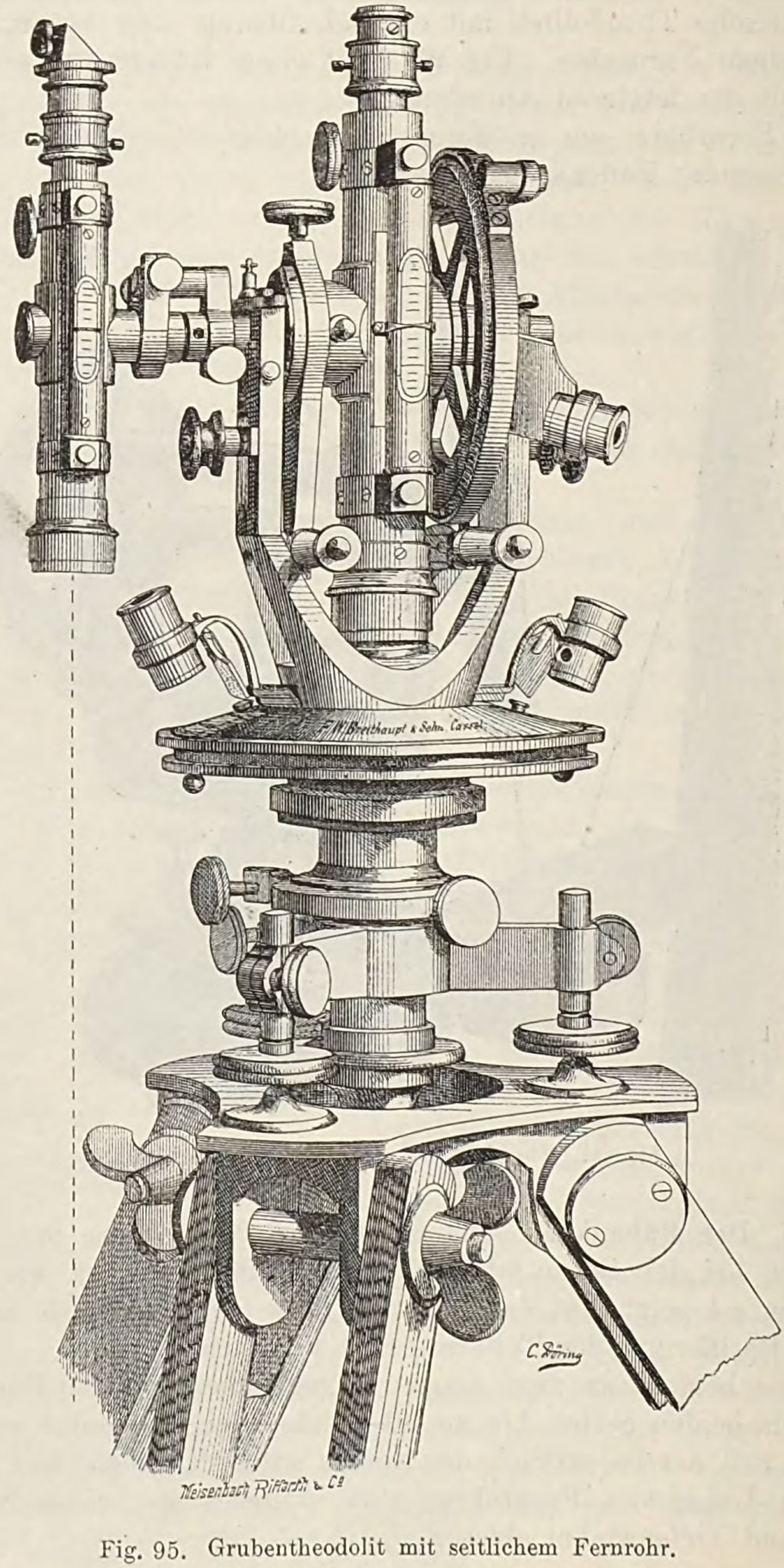


Fig. 95. Grubentheodolit mit seitlichem Fernrohr.

mäßiger die Teilung von dem einen Nullpunkte nach beiden Seiten bis 180 Grad und bei horizontal gerichtetem Fernrohre steht der Indexstrich des Nonius auf dem mit 90 Grad bezeichneten Teilstriche des Höhenkreises. Man liest an einem so bezifferten Höhenkreise in beiden Lagen des Fernrohrs ohne weiteres die Zenithwinkel ab, wobei ein Irrtum zwischen Höhen- und Tiefenwinkel gänzlich ausgeschlossen ist. Der Nullpunkt der Teilung muß auf dem vertikalen Durchmesser des Höhenkreises oder in dem nach der Okularseite zugewandten Halbkreise liegen. Sind zwei Nonien vorhanden, so wird Nonius II einen Winkel ergeben, der den am Nonius I abgelesenen Zenithwinkel zu 180 Grad ergänzt.

Die Nonien des Höhenkreises müssen Doppelnonien sein, weil die Winkel in verschiedenen Lagen des Fernrohrs auch in verschiedener Richtung zählen.

Der Höhenkreis ist zur Schonung der Teilung mit einer Scheibe überdeckt, die an zwei Stellen für die daransitzenden Nonien durchbrochen ist. Diese Scheibe mit den Nonien, gewissermaßen die Alhidade des Höhenkreises, ist meistens drehbar und mit einer Feinstellung versehen.

In den Figuren 85. 86. 87 ist diese Feinstellschraube symmetrisch zur Schraube für die Feinbewegung der Kippachse an dem anderen Fernrohrträger angebracht. Hierin liegt eine unliebsame Fehlerquelle, da bei dem Messen in verschiedenen Lagen des Fernrohres die beiden Schrauben gar zu leicht verwechselt werden. Die Feinstellschraube für die Höhenkreisalhidade gebraucht man seltener, und da sie in der berichtigten Lage möglichst vor dem Verrücken gesichert sein soll, so würde die Schraube am zweckmäßigsten etwas versteckt anzubringen sein.

§ 37. **Die Libellen des Theodoliten.** Die größeren Theodoliten haben vier Libellen: eine Reiterlibelle zum Aufsetzen auf die Kippachse, eine Dosenlibelle auf der Alhidade zwischen den beiden Fernrohrträgern, eine Röhrenlibelle auf der Alhidade des Höhenkreises und ebenfalls eine solche auf dem Fernrohre. Statt der Dosenlibelle werden auf der Alhidade auch zwei kreuzweis zu einander stehende Röhrenlibellen angebracht.

Bei kleineren Theodoliten fehlt die Libelle an der Höhenkreisalhidade, zuweilen auch die Reiterlibelle.

Die Dosenlibelle dient zum vorläufigen Horizontieren des Theodoliten, die Reiterlibelle zum feineren Einstellen, namentlich aber zur Prüfung und Berichtigung der Kippachsenstellung. Die Libelle an der Höhenkreis-Alhidade dient zur Überwachung der senkrechten Sellung der Zentralachse, die namentlich bei Vertikalwinkelmessungen wichtig ist, und endlich die Libelle auf dem Fernrohre dient zum Nivellieren und auch zur Horizontierung als Ersatz der fehlenden Reiterlibelle.

§ 38. **Prüfung und Berichtigung des Theodoliten.**

Die Prüfung und Berichtigung des Theodoliten muß sich auf folgende Punkte erstrecken:

1) Auf die Richtigkeit der Teilungen.

2) Auf die Richtigkeit der Libellen.

3) Auf den rechtwinkeligen Stand der Sehachse des Fernrohres zur Kippachse, sowie auf die richtige Stellung des Fadenkreuzes überhaupt.

4) Auf die rechtwinkelige Stellung der Kippachse zur Alhidaden- und Hauptkreisachse und damit zugleich auf das Zusammenfallen dieser beiden Achsen.

5) Auf den Höhenkreis und seinen etwaigen Indexfehler.

6) Auf die feste Zusammmenfügung aller durch Schrauben gehaltenen Teile. (Die sogenannte allgemeine Prüfung.)

Zu 1. Die Kreisteilungen werden jetzt mit Hilfe von so vorzüglichen Teilmaschinen ausgeführt, daß die dem Markscheider zur Verfügung stehenden Prüfungsmittel dagegen roh erscheinen. Trotzdem ist eine Prüfung zu empfehlen und leicht auszuführen: Man führt den Nonius durch den ganzen Teilkreis und überzeugt sich, ob überall $n - 1$ Hauptteile gleich n Noniusteile sind.

Hierbei leistet die Überteilung sehr gute Dienste. (Vergl. § 33.)

Zu 2. Die Prüfung der Libellen. Die Prüfung der Reiter- und Dosenlibelle ist bereits in § 27 besprochen.

Die **Alhidadenlibelle** des Höhenkreises soll einspielen, wenn der Indexstrich des Nonius auf Null des Höhenkreises gestellt ist.

Zur Prüfung stellt man das Fernrohr horizontal. Dies geschieht mit Hilfe des Höhenkreises folgendermaßen: Man stellt den Indexstrich

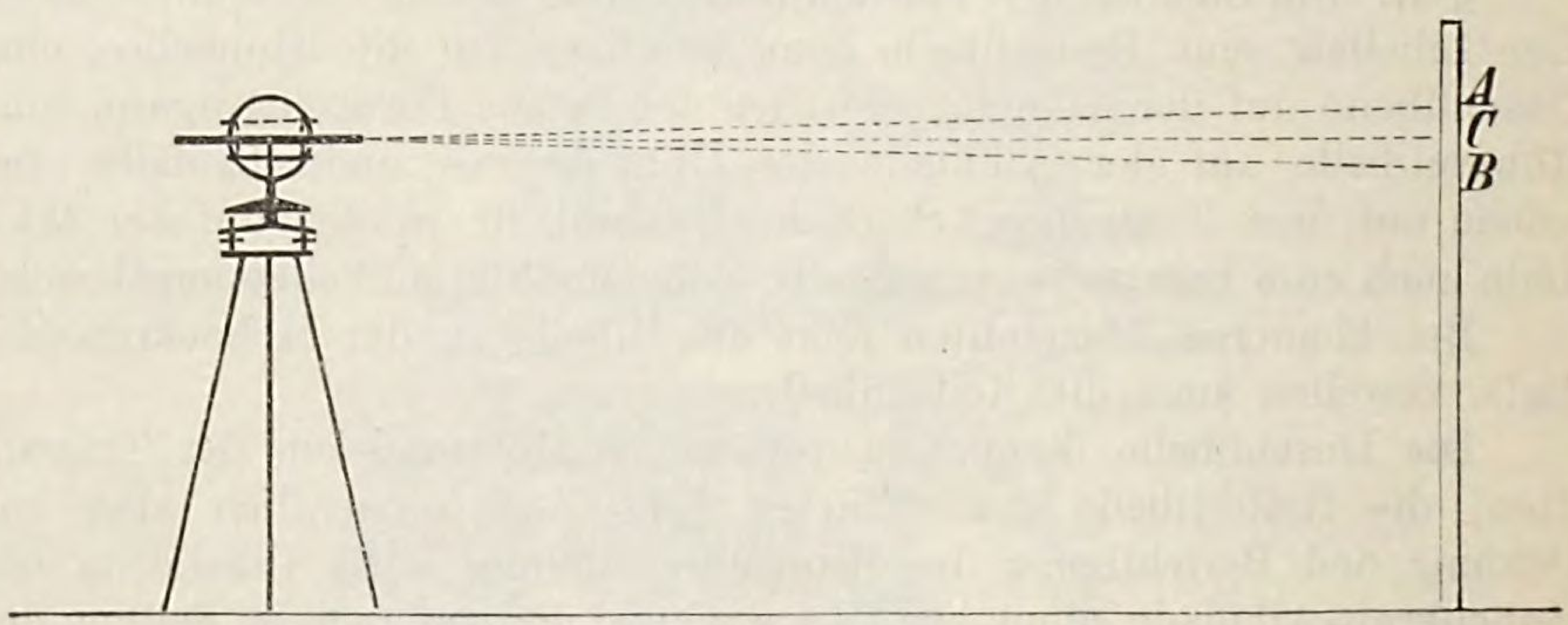


Fig. 96. Prüfung der Libelle am Theodolitfernrohre und an der Höhenkreisalhidade.

auf Null, zielt mit dem Fernrohr des genau horizontierten Theodoliten eine eingeteilte, senkrecht stehende Latte an und merkt den durch den Horizontalfaden gedeckten Skalenteil A (Fig. 96). Sodann schlägt man das Fernrohr durch, stellt abermals den Indexstrich auf Null und zielt die Latte wieder an. Ist die zweite Ablesung an der Latte der ersten

gleich, so steht das Fernrohr horizontal. Ist die zweite Ablesung nicht gleich A sondern B, so hat man das Fernrohr, um es horizontal zu stellen, auf den in der Mitte von A und B liegenden Punkt C zu richten. In der horizontalen Stellung klemmt man das Fernrohr fest, stellt den Index der Höhenkreisalhidade durch die Feinstellschraube genau auf Null und bringt die Blase der Alhidadenlibelle mit Hilfe ihrer Stellschrauben zum Einspielen.

Die Achse der Fernrohrlibelle soll parallel sein der Sehachse des Fernrohres.

Man stellt das Fernrohr auf obige Weise horizontal, klemmt es in dieser Lage fest und bringt die darauf sitzende Libelle durch ihre Stellschrauben zum Einspielen.

Ist die auf dem Fernrohr befestigte Libelle eine Reversionslibelle, so kippt man, statt den Index auf Null zu stellen, das Fernrohr so lange bis die Blase der Libelle genau einspielt, und zielt die Latte an. Sodann schlägt man das Fernrohr durch, kippt es bis wieder die Blase einspielt und zielt nochmals die Latte an. Sind auch hier die beiden Ablesungen A und B verschieden, so richtet man das Fernrohr auf die Mitte zwischen A und B und bringt in dieser Stellung des Fernrohres die Libelle durch ihre Stellschrauben zum Einspielen.

Ein anderes Mittel das Fernrohr horizontal zu stellen zeigt § 97 Fig. 220.

§ 39. Zu 3. Prüfung des rechtwinkeligen Standes der Sehachse des Fernrohres zu der Kippachse und der Stellung des Fadenkreuzes überhaupt. Der Kollimationsfehler.

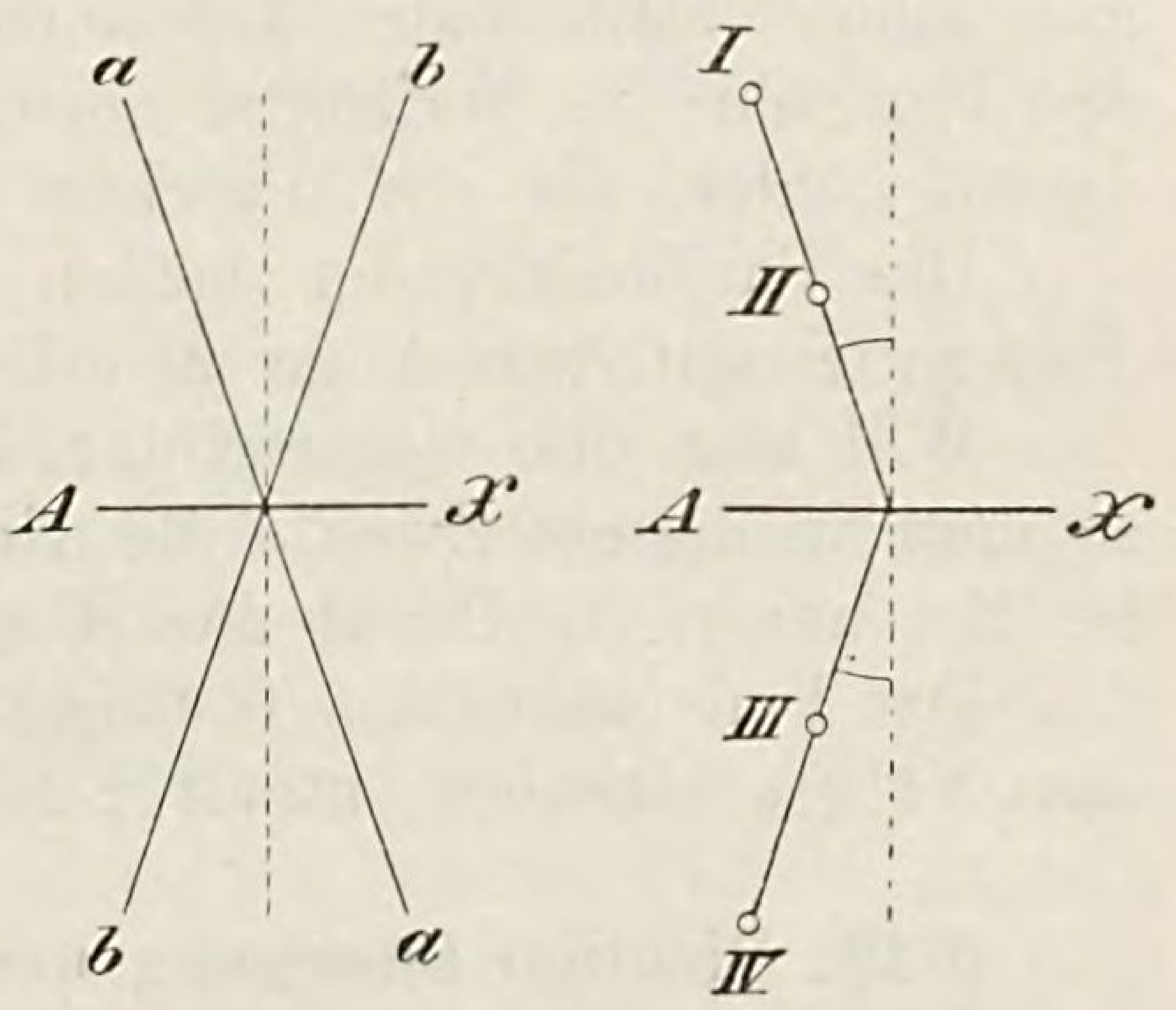


Fig. 97. Fig. 98.
Prüfung der Stellung von Kipp- und Sehachse.

Man richtet bei horizontal gestelltem Theodoliten das Fadenkreuz auf einen gut beleuchteten, scharf begrenzten Punkt und legt dasselbe um, so daß die Achsen mit ihren Lagern wechseln. Trifft die Sehachse wieder genau diesen Punkt, so ist die gewünschte rechtwinkelige Stellung beider Achsen vorhanden, wenn nicht, so ist das Fadenkreuz um die Hälfte der Abweichung mit Hilfe der seitlich wirkenden Stellschrauben zu verschieben. In Fig. 97 ist aa die Richtung der unrichtig stehenden Sehachse vor dem Umlegen, bb die nach dem Umlegen.

Bei dem Prüfen eines Theodoliten mit exzentrischem Fernrohre hat man entweder einen sehr weit entfernten Punkt anzuzielen, so daß

nach dem Umlegen des Rohres die Exzentrizität keinen Einfluß mehr hat, oder man richtet bei kurzen Entfernungen zwei Punkte zum Anzielen vor, die einen horizontalen Abstand gleich der doppelten Exzentrizität haben.

Verhindert der Bau eines Theodoliten das Umlegen des Fernrohres, so wird man eine Hilfsvorrichtung zum Ein- und Umlegen des Fernrohrs herrichten oder folgendes Verfahren einschlagen:

1. Man stellt die Nonien des Theodoliten auf Null, klemmt den Hauptkreis fest und zielt einen weit entfernten, gut beleuchteten Punkt an, alsdann schlägt man das Fernrohr durch, dreht die Alhidade um 180 Grad und richtet das Fadenkreuz wieder auf den vorher angezielten Punkt. Sind die Ablesungen an beiden Nonien oder deren Mittel genau um 180 Grad verschieden, so ist keine Verbesserung erforderlich, — wo nicht, so drehe man die Alhidade um die Hälfte der gefundenen Abweichung von 180 Grad und schiebe den Vertikalfaden soweit seitwärts, bis der zuerst angezielte Punkt gedeckt wird.

2. In der ersten Lage des Fernrohres stecke man die Richtung der Sehachse durch zwei Marken I und II aus; nach erfolgtem Durchschlag stecke man in entgegengesetzter Richtung ebenfalls zwei Marken III und IV (Fig. 98). Nun entferne man den Theodoliten und überzeuge sich, ob die vier Pfähle in einer geraden Linie stehen.

Wegen Einfluß des Fehlers auf die Winkelmessung siehe § 49 Fig. 109.

Prüfung des Fadenkreuzes.

Die vertikale Stellung der Parallelfäden prüft man dadurch, daß man einen Vertikalfaden auf einen scharf begrenzten Punkt richtet und das Fernrohr des horizontal gestellten Theodoliten ein wenig kippt und darauf achtet, ob der angezielte Punkt den Faden verläßt oder nicht.

Die Parallelität der beiden vertikalen Faden ist ohne besondere Hilfsmittel mit dem Auge zu erkennen.

Will man den wagerechten Faden auf seine richtige Stellung prüfen, so muß zu diesem Zwecke die Alhidade ein wenig gedreht werden, wobei der angezielte Punkt den Horizontalfaden nicht verlassen darf.

Das Fadenkreuz des Theodoliten ist zum Distanzmessen einzurichten. Das Nähere hierüber enthält § 201.

§ 40. Richtige Bewegung der Okularröhre.

Die bisher besprochenen Prüfungen haben streng genommen nur für eine Stellung des Okularrohres Gültigkeit, so lange man sich nicht überzeugt hat, daß bei der Verschiebung des Okulars die Sehachse unverändert bleibt.

Ein Verfahren, die unrichtige Bewegung der Okularröhre zu erkennen, giebt Professor Prediger in der ministeriellen Zeitung für Berg-, Hütten- und Salinenwesen Band 20 (1872). (Vergl. § 100.)

Der Zapfen *c* des in Fig. 99 dargestellten Hilfsapparates läßt sich senkrecht in der Hülse auf und abbewegen und durch eine Druckschraube in jeder Stellung festklemmen. Die kleine Scheibe *ef* ist mit Papier beklebt, auf welches ein Andreaskreuz gezeichnet ist, und kann um die Achse *ab* bewegt, bezw. auf- und niedergeklappt werden.

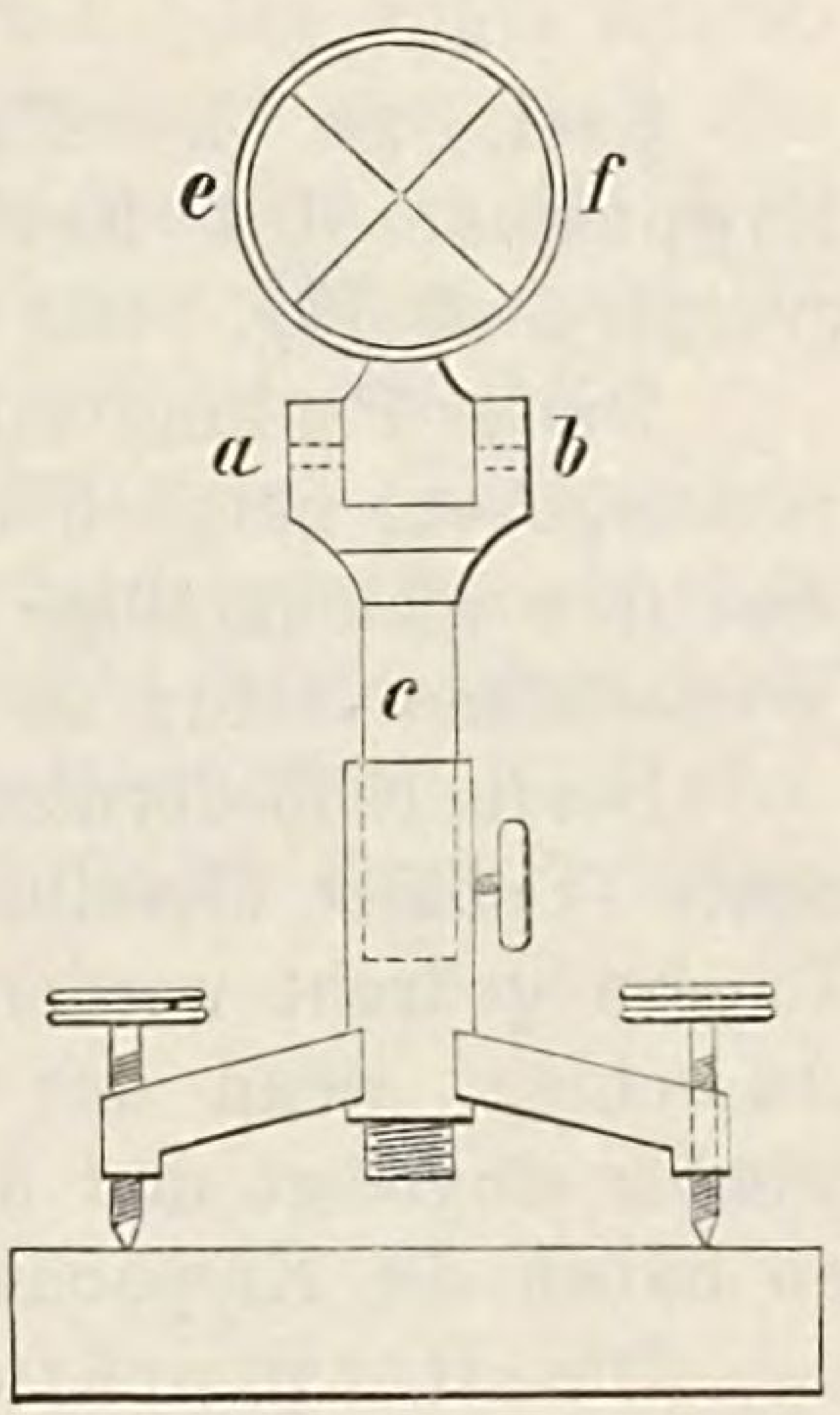


Fig. 99. Apparat von PREDIGER zur Prüfung der richtigen Bewegung des Okulars.

Solcher Apparate stellt man auf einer geraden Linie sechs auf und bringt durch ein Fernrohr, das von dem weitesten Signale circa 100 m, von dem nächsten gerade so weit entfernt ist, daß das Bild auf der Scheibe durch Herausziehen des Okulars noch erkennbar gemacht wird, alle Kreuze auf den Scheiben in eine gerade Linie. Dies geschieht dadurch, daß man nach und nach die erste, zweite, dritte Scheibe umschlägt und, indem man die Okularröhre entsprechend einschraubt, das Kreuz der jedesmaligen Scheibe einrichtet.

Wäre nun die Bewegung der Okularröhre fehlerhaft, so würde ein Punkt in ihrer optischen Achse eine Kurve doppelter Krümmung beschreiben. Denkt man sich eine solche Kurve um 180 Grad gedreht, so können ihre Punkte nach Vollendung der Drehung nicht in ihre ursprüngliche Lage zurückkehren, sondern sie müssen im allgemeinen eine zur ersten symmetrische Lage einnehmen.

Man lege das Fernrohr um und ziele die letzte 100 m entfernte Scheibe an. War das Fernrohr vorher berichtigt, so wird das Fadenkreuz wieder genau den Schnittpunkt der beiden auf der Scheibe gezogenen Linien treffen.

Jetzt lasse man die folgende dem Fernrohr näher liegende Scheibe in die Höhe schlagen, und schraube gleichzeitig das Okular etwas heraus, um das Kreuz genau zu sehen. Ebenso verfahre man bei allen übrigen Scheiben, die nach und nach in die Höhe geschlagen werden. Trifft nun in allen Fällen der Durchschnittspunkt der Kreuzfäden des Fernrohres die Durchschnittspunkte der Andreaskreuze auf den Scheiben, dann ist die Bewegung der Okularröhre tadellos, im anderen Falle fehlerhaft.

Die vorstehende Untersuchung kann auch, wenngleich nicht ganz so zuverlässig, mit zwei Apparaten dergestalt ausgeführt werden, daß man einen derselben 100 m vom Fernrohre und den anderen nach und nach auf anderen Punkten dazwischen aufstellt. Bei jeder Aufstellung wird dann das ganze obige Verfahren wiederholt.

Ergiebt die vorstehende Prüfung eine wesentliche Abweichung, so ist am besten die Okularröhre von dem Mechanikus durch eine andere zu ersetzen. Ist sie nicht bedeutend, und verläuft sie regelmäßig, d. h.

ist die Abweichung für bestimmte Stellungen des Okulars gleichbleibend, was sich durch wiederholte Prüfung erkennen läßt, so wird der Fehler durch das Messen jedes Winkels in beiden Lagen des Fernrohres ausgeschieden. (Vergl. § 50 letzter Absatz.)

§ 41. Zu 4. Prüfung der rechtwinkeligen Stellung der Kippachse des Fernrohres zur Alhidaden- und Hauptachse. (Vergl. § 49 Fig. 110.)

Dieser Prüfung muß streng genommen beim erstenmale eine andere vorausgehen, nämlich die der Fernrohrachsen auf ihre zylindrische Form und ihre gleichmäßige Dicke, obgleich man bei Instrumenten aus guten Werkstätten nichts zu fürchten hat.

Beide Erfordernisse werden mit der berichtigten Röhrenlibelle geprüft. Schlägt dieselbe nicht aus, während unter ihr die Achsen in den Lagern gedreht werden, so sind sie zylindrisch. Zeigt die Blase keinen Ausschlag, wenn das Fernrohr abgehoben, mit verwechselten Lagern wieder eingelegt und die Libelle in der ersten Stellung aufgesetzt wird, so haben die Kippachsenzapfen gleichen Durchmesser.

Die Hauptprüfung erfolgt mit Hilfe a) einer Reiterlibelle, b) eines Lotes und c) eines künstlichen Horizontes.

Zu a. Man dreht zuerst bei festgeklemmter Alhidade den horizontierten Hauptkreis soweit bis die Kippachse mit der darauf sitzenden, vorher berichtigten, Reiterlibelle in einer Parallelebene zweier Fußschrauben steht, und bringt mit diesen beiden Stellschrauben die Blase zum Einspielen. Dreht man darauf den Hauptkreis um 180°, so wird, wenn die Kipp- und Hauptkreisachse nicht rechtwinkelig zu einander stehen, die Blase ausschlagen.

Die eine Hälfte des Fehlers ist an den Fußschrauben, die andere Hälfte an den Fernrohrträgern zu beseitigen. (Vergl. Fig. 76 zu § 28.)

Führt man dann eine Drehung des Hauptkreises um 90° aus, so ist ein etwaiger Ausschlag der Libellenblase nur mit der dritten Stellschraube des Dreifußes zu beseitigen; hierauf geht man in die erste Stellung zurück, findet sich dann noch ein kleiner Ausschlag der Libelle, so verbessert man nochmals halb am Lager, halb mit den beiden Stellschrauben, bis daß die Blase bei Umdrehungen um 360 Grad ruhig in der Mitte stehen bleibt. Erst dann steht die Vertikalachse genau senkrecht und die Kippachse sowie die Libellenachse genau horizontal.

Hierauf prüft man die Alhidade auf gleiche Weise, nachdem man vorher den Hauptkreis festgeklemmt hat. Nach erfolgter Prüfung in obiger Weise darf kein oder doch nur ein geringer Ausschlag der Libelle wahrnehmbar sein, sonst fallen Alhidaden- und Hauptachse nicht zusammen.

Grobe Abweichungen beider Achsen müssen durch den Mechanikus

beseitigt werden, geringere Abweichungen sind zwar auf die Richtigkeit der Winkelmessung nicht ohne Einfluß, aber der Fehler wird durch das Repetieren des Winkels herabgemindert.

Zu b. Hat man Gelegenheit, ein möglichst langes Lot so aufzuhängen, daß es vom Windzug nicht getroffen wird, also ruhig ist, so stellt man den Theodoliten nicht weit davon horizontal auf, zielt das eine Ende des Lotfadens an und klemmt Hauptkreis und Alhidade fest. Darauf kippt man das Rohr langsam und beobachtet zugleich, ob das Fadenkreuz hierbei den senkrechten Lotfaden verläßt oder nicht.

Eine Abweichung wird durch Heben und Senken eines Achsenlagers verbessert, wenn der Theodolit nicht durch die auf der Kippachse sitzende Reiterlibelle, sondern mit Hilfe der anderen Libellen horizontiert war.

Erfolgte jedoch die Horizontierung durch die Reiterlibelle, so wird nur die Hälfte des Fehlers am Achsenlager, die andere durch erneute Horizontierung beseitigt.

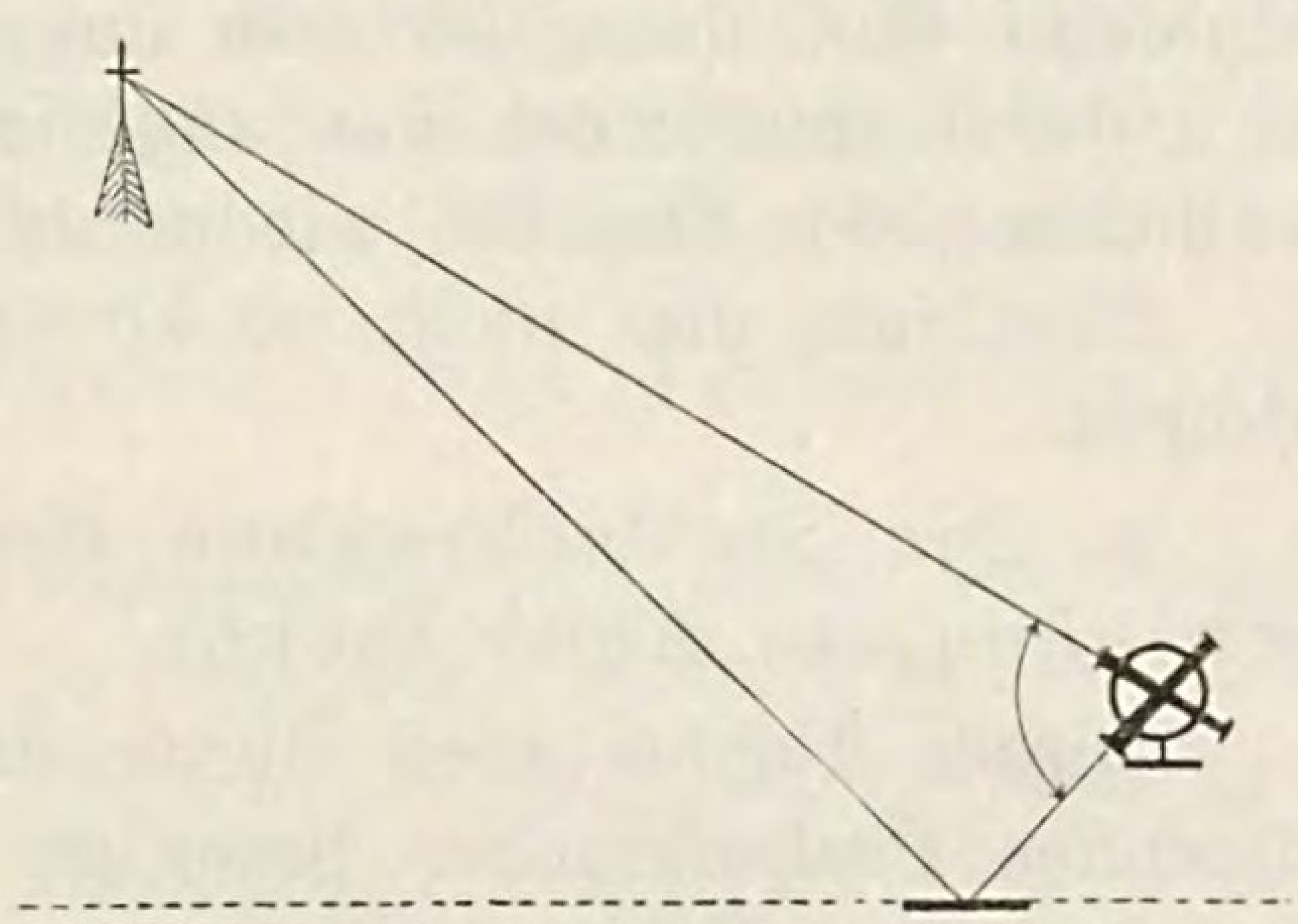


Fig. 100. Prüfung der Kippebene durch einen künstlichen Horizont.

Zu c. Den künstlichen Horizont schafft man sich auf einfache Weise mittels eines Tellers, den man mit dunkel gefärbtem Wasser füllt. Der Theodolit wird horizontal und so aufgestellt, daß ein hoher Gegenstand, z. B. die Spitze eines Kirchturmes mit emporgerichtetem, sodann ihr Spiegelbild mit geneigtem Fernrohre in dem künstlichen Horizonte gesehen werden kann (Fig. 100). Deckt das Fadenkreuz denselben Punkt sowohl des Gegenstandes selbst als auch, nach erfolgter Neigung des Fernrohres, seines Spiegelbildes, so bewegt sich die Sehachse des Fernrohres in einer Vertikalebene. Für die Verbesserung gilt dasselbe, was unter b gesagt ist.

§ 42. Zu 5. Der Höhenkreis. Der Höhenkreis soll keinen Indexfehler besitzen, oder man soll wenigstens seine Größe kennen. Mit anderen Worten: Bei horizontal gestelltem Theodolit soll der Nonius des Höhenkreises auf Null bezw. 90 Grad zeigen, wenn die Sehachse des Fernrohres genau horizontal gerichtet ist.

Zur Bestimmung des Indexfehlers messe man einen Höhenwinkel in den beiden Lagen des Fernrohres. Stimmen beide Ergebnisse überein, so ist kein Indexfehler vorhanden, stimmen sie nicht überein, so ist der Unterschied beider Werte gleich dem doppelten Indexfehler und das arithmetische Mittel aus beiden Werten ist der richtige Höhenwinkel.

Der Indexfehler wird beseitigt durch Verschieben des Nonius, bezw. Drehen der Höhenkreisalhidade oder, wenn der Höhenkreis drehbar ist, durch Drehen dieses Kreises.

Kann der Indexfehler nicht beseitigt werden, so ist er durch Rechnung aus den abgelesenen Werten auszuscheiden. Hierbei ist genau darauf zu achten, in welcher Lage des Fernrohres der Indexfehler positiv und in welcher er negativ ist. (Vergl. § 36.)

§ 43. **Die sogenannte allgemeine Prüfung.** Nach längerem Gebrauche zeigen sich häufig anderweitige Fehler an dem Theodoliten, welche auf die Richtigkeit der Winkelabmessung von großem Einflusse sind. Zur Auffindung der Fehler dient nachstehendes Verfahren:

Nachdem man den Theodoliten fest mit der Kopfplatte eines Statives verbunden hat, prüft man erst nach der in § 24 angegebenen Weise die Brauchbarkeit des Statives.

Sodann richtet man das Fernrohr auf einen scharf begrenzten Punkt und übt einen gelinden drehenden Druck erst an dem Umfange der Alhidade und dann an dem des Hauptkreises aus. Das Fadenkreuz wird durch den Druck den angezielten Punkt verlassen, muß aber nach Aufhebung des Druckes wieder auf ihn zurückkehren.

Geschieht dies nicht, so können verschiedene Ursachen dies hervorbringen.

1. Die Stellschrauben des Fußes sitzen in den Muttergewinden der Arme locker.

Dieser Fehler wird durch das Anziehen der an den Armenden sitzenden Preßschrauben beseitigt.

Auf diese Fehlerquelle ist zu achten, namentlich weil man bei Fußschrauben, die einen schweren Gang haben, leicht geneigt ist die Preßschrauben vor der Horizontierung zu lockern.

Ist der Fehler durch das Anziehen der Preßschrauben nicht zu entfernen, was bei stark abgenutzten Gewinden vorkommen kann, so müssen neue Fußschrauben eingesetzt werden.

2. Die Mikrometerwerke sind nicht in Ordnung.

Je nach Bau und Form derselben sind hierbei einzelne Fälle zu unterscheiden.

a) Der Anschlagzapfen Z in Figg. 77 u. 78, gegen den Federstift und Schraube wirken, ist wandelbar geworden. Diese Zapfen sind häufig nur eingeschraubt, statt mit einem kantigen Endstück eingesteckt und verlötet zu sein. Durch längeren Gebrauch wird der eingeschraubte Zapfen leicht locker und übt in diesem Zustande einen recht bösen Einfluß auf die Winkelmessung aus.

b) Die Kugelmuttern K_1 und K_2 in Fig. 80 § 28 sind in den sie umfassenden Gabeln wandelbar, oder ihr Schraubengewinde, sowie das der Differentialschrauben ist abgenutzt. Häufig genügt zur Beseitigung des Fehlers das Zusammenpressen der Kugelmuttern.

c) Die Bremsbacken pp der peripherischen Klemmung (Fig. 78)

schließen nicht mehr ganz fest, weil Schmutz oder kleine feste Körper dazwischen gekommen sind. Sie sind in diesem Falle zu reinigen.

Außerdem können noch einige Fehlerquellen vorhanden sein, welche nicht durch das oben erwähnte Drehen am Instrument entdeckt werden können. Dahin gehören folgende:

1. Die Lupen zum Ablesen der Nonien sitzen meist an einem Ring, der um den unteren Teil der Fernrohrträger drehbar ist. Auf die leichte Drehbarkeit dieses Ringes ist sorgfältig zu achten, weil sonst ein großer drehender Druck auf die Alhidade und auf das ganze Instrument ausgeübt wird, der namentlich bei nicht fest schließenden Bremsen der Mikrometerwerke sehr nachteilig wirkt.

2. Die Mikrometerschraube an dem Feinstellwerke der Kippachse wie auch der Federstift wirken gegen einen Hebelarm des Bremsringes. Hat dieser Arm die Form einer abgestumpften Pyramide, so wirken Stift und Schraube nicht rechtwinkelig gegen die Flächen des Hebelarmes. Dieser Umstand führt zuweilen dahin, daß der Hebelarm und die Kippachse etwas gehoben werden, wenn letztere in Winkellagern ruht.

§ 44. Das Messen von Horizontal- und Vertikalwinkeln mittels des Theodoliten.

Ist ein Theodolit in C (Fig. 101) aufgestellt und liegen die beiden Schenkel des zu messenden Winkels in den Richtungen CL und CR, so wird infolge der Einrichtung des Theodoliten immer der Winkel $lCr = W$ gemessen, d. h. der Winkel, den die Horizontalprojektionen Cl und Cr der schiefen Winkelschenkel CL und CR einschließen. Denkt man sich um C eine Kugel gelegt, von der die Fig. 101 einen Teil darstellt und durch die schiefen Winkelschenkel CL und CR Projektionsebenen gelegt, so entstehen die Höhenkreisbögen $ZLlN$ und $ZRrN$. Diese Projektionsebenen sind zugleich die Kippebenen des Fernrohres. In der Figur haben die schiefen Schenkel CL und CR die Zenithwinkel zl bezw. zr. Diese Zenithwinkel können aber, so lange die Schenkel in derselben Vertikalebene sich bewegen, theoretisch[1] alle Werte zwischen 0° und 180° (nur nicht diese Werte selbst) annehmen und immer wird der gemessene Winkel gleich W sein, der zugleich der Neigungswinkel der beiden Projektionsebenen (Kippebenen) $CLlN$ und $CRrN$, also auch gleich dem sphärischen Winkel bei C oder N ist.

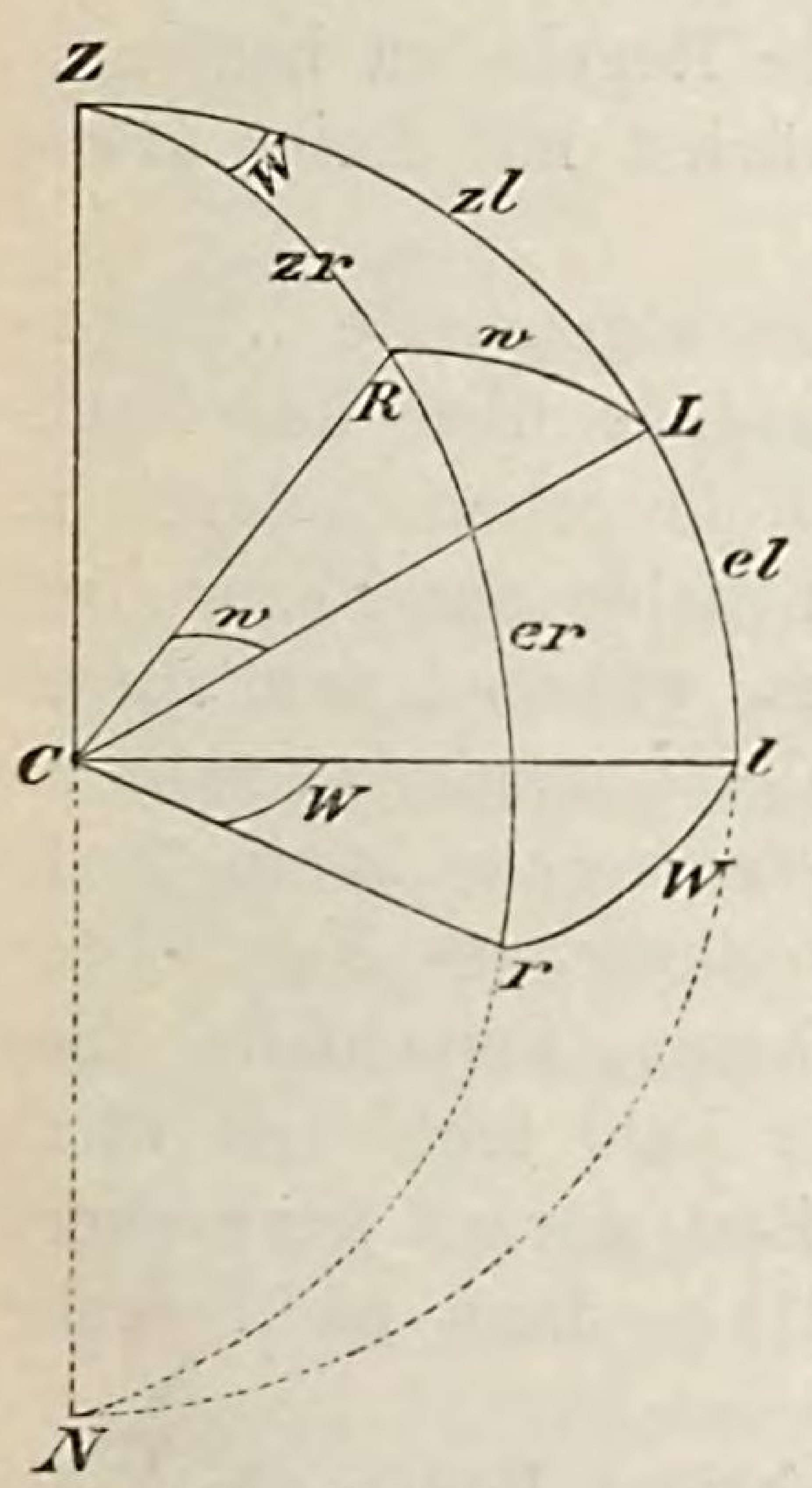


Fig. 101. Projizierung eines schiefen Winkels.

[1] In der Praxis wird die Genauigkeit des Winkels W desto unsicherer, je näher die Zenithwinkel den Grenzen 0° und 180° kommen.

Das Verhältnis zwischen dem schiefen Winkel w und dem Horizontalwinkel W bezw. dem sphärischen Winkel bei Z geht aus dem sphärischen Dreieck ZRL hervor, worin

$$\cos w = \cos Z \sin zl \sin zr + \cos zl \cos zr.$$

Ist z. B. $W = 40^0$ u. $zl = 80^0$ $zr = 70^0$, so ist $w = 39^0 48'$,
oder $zl = 50^0$ $zr = 120^0$, „ „ $w = 79^0 14'$.

§ 45. Man unterscheidet das einfache Winkelmessen und das Repetieren der Winkel.

Das einfache Winkelmessen wird sowohl mit dem einfachen als auch mit dem Repetitionstheodoliten ausgeführt und zerfällt in eine Reihe von Geschäften.

1. Der Theodolit wird horizontal und zentrisch aufgestellt, nämlich so, daß die verlängerte senkrechte Zentralachse des Theodoliten durch den Scheitelpunkt des zu messenden Winkels geht.

Das Verfahren des Horizontierens und Zentrierens wird in § 52 ausführlich behandelt.

2. Das linke Signal wird angezielt d. h. das Fadenkreuz des Fernrohres wird auf das linke Signal gerichtet.

Bei dem Anzielen der Signale sind folgende Regeln zu beachten.

Das Einstellen des Fernrohres erfolgt zunächst mit freier Hand und man nennt dies die Roheinstellung.

Diese Einstellung wird erleichtert durch das sogenannte „Überzielen“, d. h. man sieht beim Drehen der Alhidade über das Fernrohr hinweg und bringt bei einiger Übung das Rohr schon dadurch in eine solche Lage, daß das Signal sich im Gesichtsfelde des Fernrohres befindet. Die Roheinstellung setzt man noch fort, während man durch das Rohr blickt und sucht Fadenkreuz und Signalbild möglichst nahe zu bringen, damit für die Drehung mittels des Feinstellwerkes wenig übrig bleibt. Die Finger der Hand sollen bei der Drehung des Fernrohres den Alhidadenrand oder die Fernrohrträger anfassen, keinenfalls aber den Okularkopf, weil dadurch das Fernrohr sehr bald fehlerhaft wird.

Die Feinstellschrauben sind von Zeit zu Zeit darauf anzusehen, ob sie nicht bis zum Ende gedreht sind, weil sie dann nicht mehr wirken.

Beim Anzielen soll der Kreuzungspunkt der beiden Fäden den Zielpunkt des Signales decken. Der Zielpunkt an einer Signalstange ist stets an ihre tiefste Stelle zu verlegen.

Überhaupt ist auf das Anzielen die größte Sorgfalt zu verwenden, wobei Beleuchtung der Signale und die Beschaffenheit der Luft zu beachten sind.

Die Tanzprobe ist nach jeder Verstellung des Okulars zu machen.

3. Das Ablesen der beiden Nonien. Hierbei schreibt man erst die Rohablesung auf und fügt die Nonius- bezw. Mikroskopablesung hinzu. Aus beiden Noniusablesungen nimmt man das Mittel. (Vergl. § 50.)

4. Man löst die Klemme der Alhidade und ziehlt das rechte Signal an, sodann

5. liest man wieder an beiden Nonien ab.

6. Zuletzt wird die Größe des gemessenen Winkels ermittelt. Man zieht die erste Ablesung von der zweiten, oder wie man gewöhnlich aufschreibt (siehe Beispiel) die obere Ablesung von der unteren ab. Sollte die untere Ablesung die kleinere sein, so ist beim Drehen der Alhidade der Nullpunkt überschritten und zur Ablesung sind 360° hinzuzufügen.

Zieht man fälschlich die unten stehende Ablesung von der oberen ab, so erhält man den Ergänzungswinkel des zu messenden Winkels.

Anfänger verfallen leicht in diesen Fehler, der für die Richtigkeit der ganzen Messung verhängnisvoll werden kann.

Beispiel.

1. Schreibweise.

Linkes Signal.		
I.	122° 14′ 30″	122° 14′ 15″
II.	302° 14′ —″	
Rechtes Signal.		
I.	265° 36′ 45″	265° 36′ 38″
II.	85° 36′ 30″	
		143° 22′ 23″

2. Schreibweise.

	Nonius I.	Nonius II.
Linkes Signal	122° 14′ 30″	14′ —″
Rechtes Signal	265° 36′ 45″	36′ 30″
	143° 22′ 15″	22′ 30″
Mittel	143° 22′ 23″.	

Die Messung wird dann in zweiter Lage wiederholt und aus beiden Werten das Mittel genommen.

Bei geodätischen Arbeiten begnügt man sich nicht mit der einmaligen Messung des Winkels. Man wiederholt sie in jeder Lage mehrmals, nachdem man vorher den Hauptkreis etwas verstellt hat. Aus allen Werten nimmt man das Mittel.

§ 46. **Die Satzbeobachtung.** Sind von einem Standpunkte aus mehrere Winkel zu messen, die einen gemeinschaftlichen Scheitel haben, so macht man eine Satzbeobachtung.

Man zielt Punkt 1 an, liest an den Nonien ab, sodann zielt man der Reihe nach die folgenden Punkte an, indem man das Fernrohr rechtsinnig durch den ganzen Kreis hindurchführt, und liest stets nach erfolgtem Anzielen der einzelnen Punkte an den Nonien ab. Zuletzt wird der Punkt 1 wieder angezielt, wo man bis auf die unvermeidliche Unsicherheit dieselbe Ablesung wieder erhalten muß. Man hat hiermit den einfachen Satz ausgeführt.

Sodann schlägt man das Fernrohr durch und wiederholt den einfachen Satz in umgekehrter Reihenfolge also widersinnig bis zu Punkt 1 und hat nun einen vollständigen Satz oder einen Gyrus ausgeführt. Die Winkel zwischen den einzelnen Strahlen werden durch Subtraktion gefunden.

Beispiel.

Mittel aus beiden Nonien.

	I. Lage.	II. Lage.	Mittel.
1.	15° 10′ 55″	195° 10′ 51″	15° 10′ 53″
2.	130° 15′ 04″	310° 15′ —″	130° 15′ 2″
3.	241° 28′ 17″	61° 28′ 15″	241° 28′ 16″
4.	328° 39′ 22″	148° 39′ 24″	328° 39′ 23″
5.	348° 52′ 33″	168° 52′ 35″	348° 52′ 34″
6.	15° 11′ —″	195° 10′ 56″	15° 10′ 58″

		Winkel.
Zwischen	1 u. 2	115° 4′ 9″
„	2 u. 3	111° 13′ 14″
„	3 u. 4	87° 11′ 7″
„	4 u. 5	20° 13′ 11″
„	5 u. 1	26° 18′ 24″
		360° —′ 5″

Wird die Horizontgleichung nicht erfüllt d. h. ist die Summe der Winkel zwischen den einzelnen Strahlen nicht gleich 360 Grad, so kann man die Abweichung auf sämtliche Winkel verteilen, oder mehrere Sätze ausführen und erst an den aus allen Messungen gefundenen Mittelwerten die Abgleichung vornehmen.

§ 47. **Das Repetieren der Winkel.** Die Winkelrepetition ist im Jahre 1752 von Tobias Mayer d. A. erfunden.

Das Verfahren ist folgendes: Nach erfolgter Horizontierung stellt man Null auf Null, d. h. man stellt den Indexstrich des Nonius I auf Null des Hauptkreises und schreibt die Ablesung von Nonius II auf, falls sein Indexstrich nicht genau auf den Teilstrich 180° zeigen sollte, dreht sodann den Hauptkreis zugleich mit der damit fest verbundenen Alhidade so lange, bis das Fernrohr in die Richtung des linken Schenkels kommt und stellt mit dem Mikrometerwerke des Hauptkreises das Fadenkreuz scharf ein. Sodann löst man die Klemmschraube der Alhidade und dreht sie allein soweit, bis das Fernrohr auf das rechte Signal gerichtet ist, wobei das Feinstellwerk der Alhidade benutzt wird. Der Winkel wird abgelesen. Sodann löst man die Klemme des Hauptkreises und dreht denselben mit der an ihm festgeklemmten Alhidade zum wiederholten Einstellen auf das linke Signal zurück.

Die Nonien bleiben hierbei auf der ersten Ablesung (102° 45′ 15″ im Beispiel). Sodann löst man die Klemmschraube der Alhidade und dreht diese wieder allein zur Einstellung des Fernrohres auf das Signal des rechten Schenkels.

Hierbei haben die Nonien einen Bogen durchlaufen, welcher gleich der doppelten Größe des zu messenden Winkels ist. Wiederholt man dies Verfahren nmal, so werden die Nonien den nfachen Wert des zu messenden Winkels ergeben, wenn dem zuletzt abgelesenen Werte so

oft 360 Grade hinzugesetzt werden, als der Hauptkreis von dem Nonius I durchlaufen wurde. Diese Winkelgröße wird durch die Zahl der Repetitionen geteilt, und man erhält den Schlußwert des Winkels.

Dasselbe Verfahren wiederholt man in gleicher Weise in der zweiten Lage des Fernrohres und nimmt aus beiden Schlußwerten das Mittel.

Obgleich man nur nötig hätte am Schluß der letzten Repetition abzulesen, so wird man es doch nach der ersten Messung thun, um die Größe des Winkels annähernd zu kennen und bei der vorletzten bezw. drittletzten Repetition, um sich von dem fortschreitenden Gange der Näherung zu überzeugen.

Beispiel.

Non. I 0 0 0
„ II 179° 59′ 45″

I. Lage.

Anzahl der Repetitionen.	Ablesung.	Mittel aus beiden Nonien.	Winkel.
1.	102° 45′ 20″ 282° 45′ 10″		102° 45′ 15″
4.	51° 0′ 55″ 231° 0′ 35″	411° 0′ 45″	102° 45′ 11″
5.	153° 45′ 50″ 333° 45′ 40″	513° 45′ 45″	102° 45′ 9″
6.	256° 31′ 10″ 76° 30′ 50″	616° 31′ 0″	102° 45′ 10″

II. Lage.

6.	I. 256° 30′ 40″ II. 76° 30′ 30″	616° 36′ 35″	102° 45′ 6″

Mittel aus den beiden letzten Werten = 102° 45′ 8″.

Man kommt bei den Repetitionen bald bis zur „stehenden Sekunde“ d. h. alle weiteren Repetitionen ändern den Winkelwert nicht mehr um eine Sekunde.

Die Genauigkeit des Winkelmessens mittels der Repetition ist theoretisch die denkar größte, aber in der Praxis machen sich zu Ungunsten der Repetition die kleinen Verschiebungen geltend, die bei den verschiedenen Drehungen der Alhidade und des Hauptkreises unvermeidlich sind.

Weissbach schlägt für das Repetieren in der Grube ein Zeit ersparendes Verfahren vor: Man repetiert den Winkel zweimal, schlägt dann ohne abzulesen das Fernrohr durch, repetiert noch zweimal und liest dann erst ab. Die Schlußablesung wird durch 4 geteilt. Selbstverständlich kann in jeder Lage des Fernrohres noch öfter repetiert, oder auch in jeder Lage nur einmal der Winkel gemessen werden.

Beispiel.

Polygonwinkel.		Verbesserte Winkel.
4) $\frac{660^0\,51'\,30''}{4}$	$= 165^0\,12'\,53''$	$55''$
Ergänzungsw.		
4) $\frac{779^0\;8'\,15''}{4}$	$= 194^0\,47'\;4''$	$5''$
	$359^0\,59'\,57''$	$-''$

Wenn der Nonius II bei dem Einstellen auf Null nicht genau auf 180 Grad zeigt, so ist die Befolgung nachstehender Regel sehr zweckmäßig.

Zeigt wie im obigen Beispiele Nonius II einen um 15 Sekunden zu kleinen Wert, so ist derselbe jeder Ablesung des Nonius II hinzuzufügen. Bei der vierten Repetition wurde am Nonius II unmittelbar $231^0\,0'\,20''$ abgelesen, zu diesem Werte mußten aber 15 Sekunden hinzugefügt werden.

Zeigt dagegen Nonius II bei der Einstellung einen zu großen Wert, z. B. $180^0 - '\,30''$, so ist der Überschuß über 180^0, also in diesem Falle $30''$, von jeder Ablesung am Nonius II abzuziehen.

Die von Borda erfundene doppelte Repetition oder Multiplikation der Winkel setzt einen Repetitionstheodoliten mit unterem Fernrohr und einem umständlichen Bewegungsmechanismus desselben voraus. Das Verfahren wird nicht mehr angewendet.

Der Markscheider wird in der Grube nur einen Repetitionstheodoliten anwenden, aus folgenden Gründen:

Bei der Winkelmessung mit dem einfachen Theodoliten muß nach erfolgtem Anzielen des linken Signals abgelesen werden, während der Theodolit unverrückt stehen bleibt. Die engen Grubenräume lassen es aber nicht immer zu den Kopf in die hierzu erforderliche Stellung zu bringen. Es ist deshalb notwendig, daß der Nullstrich des Nonius vorher auf einen bestimmten Teilstrich des Hauptkreises (meistens auf Null) gestellt, und das Fernrohr in dieser Stellung von Alhidade und Hauptkreis durch das Feinstellwerk des Hauptkreises auf das linke Signal eingestellt wird. Nicht selten kann überhaupt nur in einer bestimmten Körperstellung abgelesen werden, und die Nonien müssen dann durch Drehung des Hauptkreises vor das Auge gebracht werden. Dies ist nur mit einem Repetitionstheodoliten möglich.

Das Messen eines Horizontalwinkels mittels des Theodoliten mit exzentrischem Fernrohre unterscheidet sich nicht von dem Messen mit zentrischem Fernrohre. Man mißt auch hier den Winkel in beiden Lagen des Fernrohres und nimmt das arithmetische Mittel aus beiden Werten.

Die Richtigkeit des Verfahrens ergiebt sich aus folgender Betrachtung.

In den Figuren 102a u. b ist $AMB = W$ der zu messende Winkel, über dessen Scheitelpunkte der Hauptkreis des Theodoliten senkrecht

steht. In der ersten Lage (Fig. 102a) wird aber durch die beiden Ziellinien nach A und B ein Winkel $= \alpha$, in der zweiten Lage des Fernrohres (Fig. 102b) ein Winkel $= \beta$ gemessen.

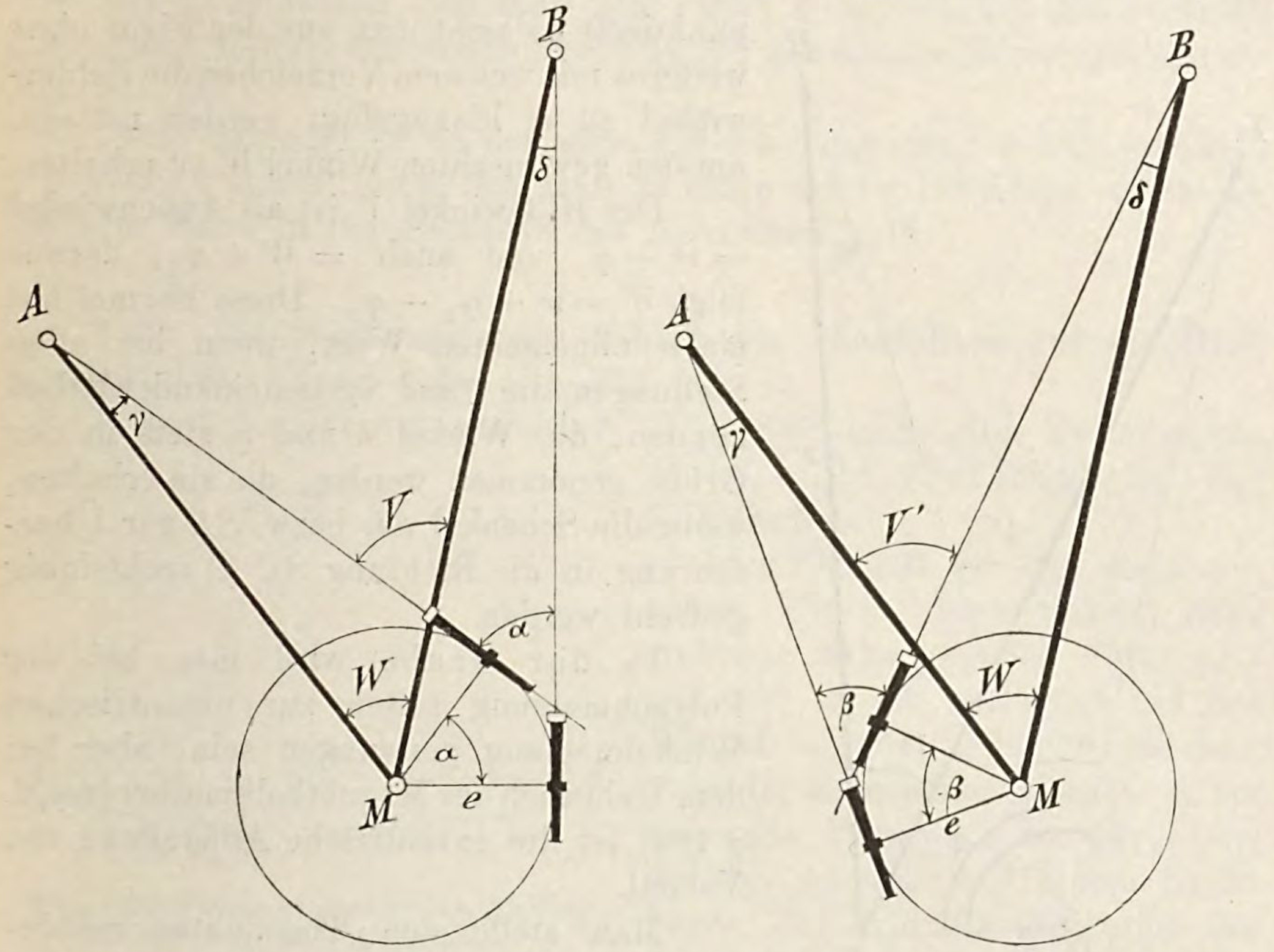


Fig. 102a u. b. Messen eines Horizontalwinkels mit einem exzentrischen Theodoliten.

Von den Winkeln V und V_1 ist nun jeder ein gemeinschaftlicher Außenwinkel zweier Dreiecke, nämlich

in Fig. a $V = W + \gamma = \alpha + \delta$ (1)

in Fig. b $V_1 = W + \delta = \beta + \gamma$ (2)

Aus Gleichung (1) folgt $W = \alpha + \delta - \gamma$

" " (2) " $W = \beta - \delta + \gamma$

$$2\,W = \alpha + \delta - \beta$$

$$W = \tfrac{1}{2}(\alpha + \beta)$$

§ 48. **Das Messen exzentrischer Winkel.** Zuweilen kann man sich nicht im Scheitel des zu messenden Winkels aufstellen und man muß denselben exzentrisch messen.

Über Tage kommt es bei dem Messen von Dreieckswinkeln vor.

Der wahre Scheitel des zu messenden Winkels sei in Fig. 103 C, der Theodolit aber in S aufgestellt und mit ihm seien die Winkel w, λ und ϱ gemessen.

Die Länge $SC = e$ läßt sich genau ermitteln und die Längen l und r sind bei Dreiecksmessungen sehr angenähert bekannt.

Die beiden Fehlerwinkel φ_1 und φ_2 berechnen sich aus den Formeln $\sin\varphi_1 = \frac{e \sin\lambda}{l}$ und $\sin\varphi_2 = \frac{e \sin\varrho}{r}$ und sobald man durch S Parallelen zu den Schenkeln CL, und CR des Winkels W zieht, (in der Figur punktiert) so sieht man aus der Figur ohne weiteres mit welchem Vorzeichen die Fehlerwinkel zu w hinzugefügt werden müssen, um den gewünschten Winkel W zu erhalten.

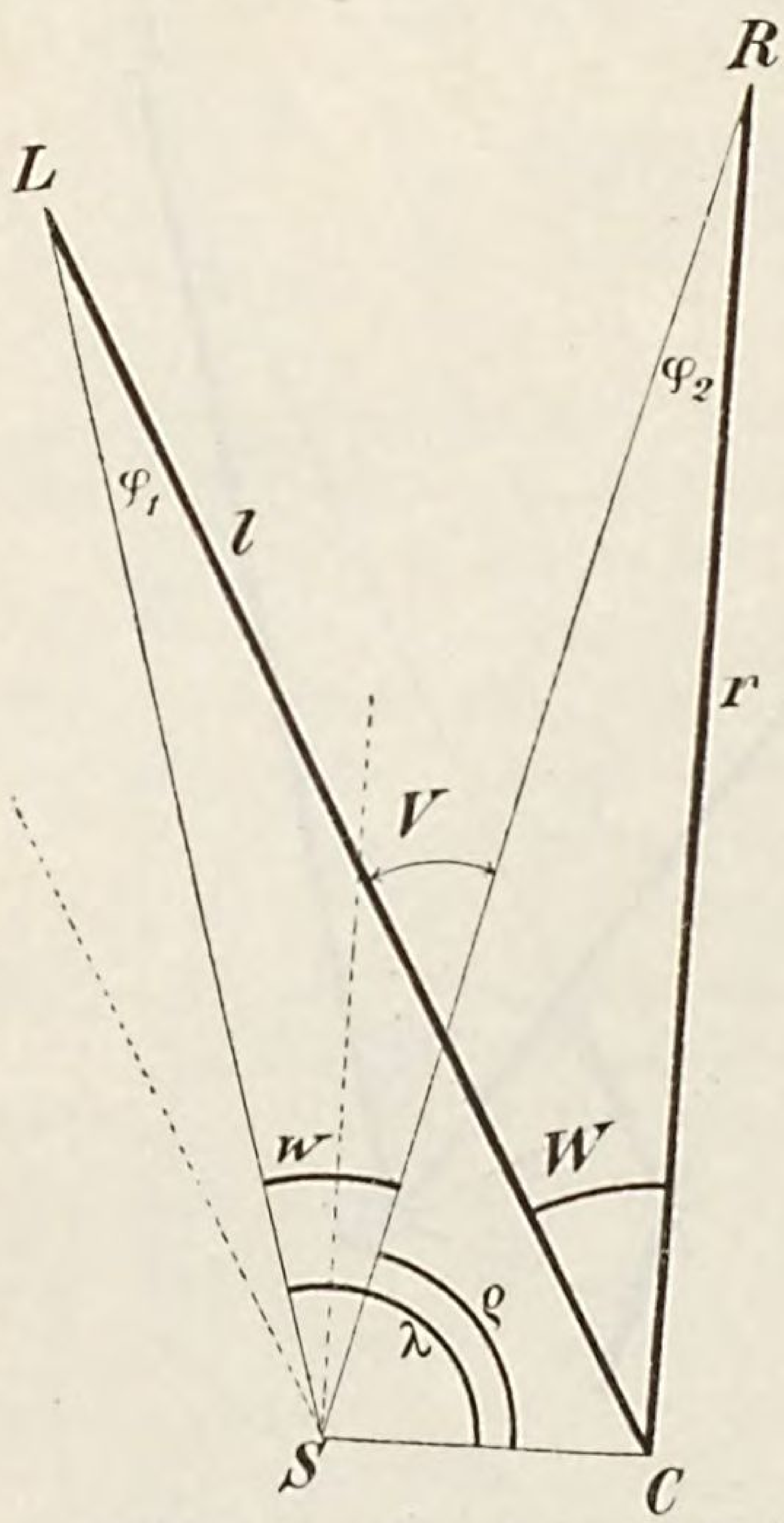


Fig. 103. Exzentrisches Messen eines Winkels.

Der Hilfswinkel V ist als Außenwinkel $= w + \varphi_1$ und auch $= W + \varphi_2$, daraus folgt $W = w + \varphi_1 - \varphi_2$. Diese Formel hat einen allgemeinen Wert, wenn bei allen Stellungen, die C und S gegeneinander haben können, die Winkel λ und ϱ stets in der Größe genommen werden, die sie erhalten, wenn die Schenkel SL bezw. SR zur Überführung in die Richtung SC (e) rechtsinnig gedreht werden.

In der Grube wird man bei der Polygonmessung selten zur exzentrischen Winkelmessung gezwungen sein, aber bei dem Gebrauch des Magnetkollimators (vergl. § 196) ist die exzentrische Aufstellung von Vorteil.

Man stelle den Theodoliten mindestens 3 Meter vom Scheitelpunkte C in dem Punkte S auf und messe außer dem Winkel $BSD = w$ auch die auf den Polygonseiten rechtwinkelig stehenden Abstände h_1 und h_2 (Fig. 104). Die Längen von CD und BC sind genau gemessen und dann ist $\sin\varphi_1 = \frac{h_1}{CB}$, $\sin\varphi_2 = \frac{h_2}{CD}$.

Zieht man durch S Parallelen mit BC und CD, so ersieht man aus der Figur die Vorzeichen der Fehlerwinkel φ_1 und φ_2, mit dem sie dem Winkel w hinzuzufügen sind.

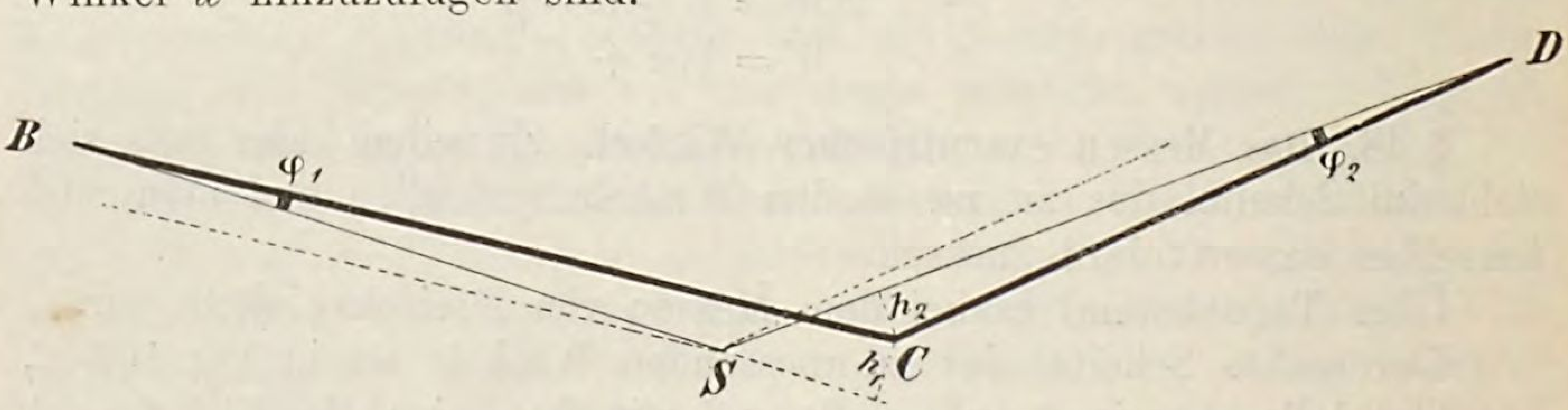


Fig. 104. Exzentrisches Messen eines Winkels.

In der Fig. 104 ist φ_1 positiv und φ_2 negativ.

Die Abstände h_1 und h_2 werden folgendermaßen gemessen. An den

in der Firste fixierten Punkt C hält man rechtwinkelig zu CD eine Meterschmiege und liest mit dem in die Richtung BS gestellten und nachher aufgekippten Fernrohre die Länge h_2 ab.

Um h_1 zu finden zielt man den Punkt B an, schlägt das Fernrohr durch und liest an der rechtwinkelig zu BC gehaltenen Meterschmiege die Länge h_1 ab.

Sollte das Ablesen an der Schmiege schwierig sein, so hilft man sich mit einem Papierstreifen, den man so lange auf der Schmiege verschiebt, bis sein Rand in die Sehachse des Fernrohres fällt.

§ 49. Die Wirkungen der Fehler des Theodoliten auf die Horizontalwinkel. (Vergl. § 39 Fig. 97.)

1. Der Kollimationsfehler. Die Sehachse des Fernrohres stehe nicht rechtwinkelig zur Kippachse.

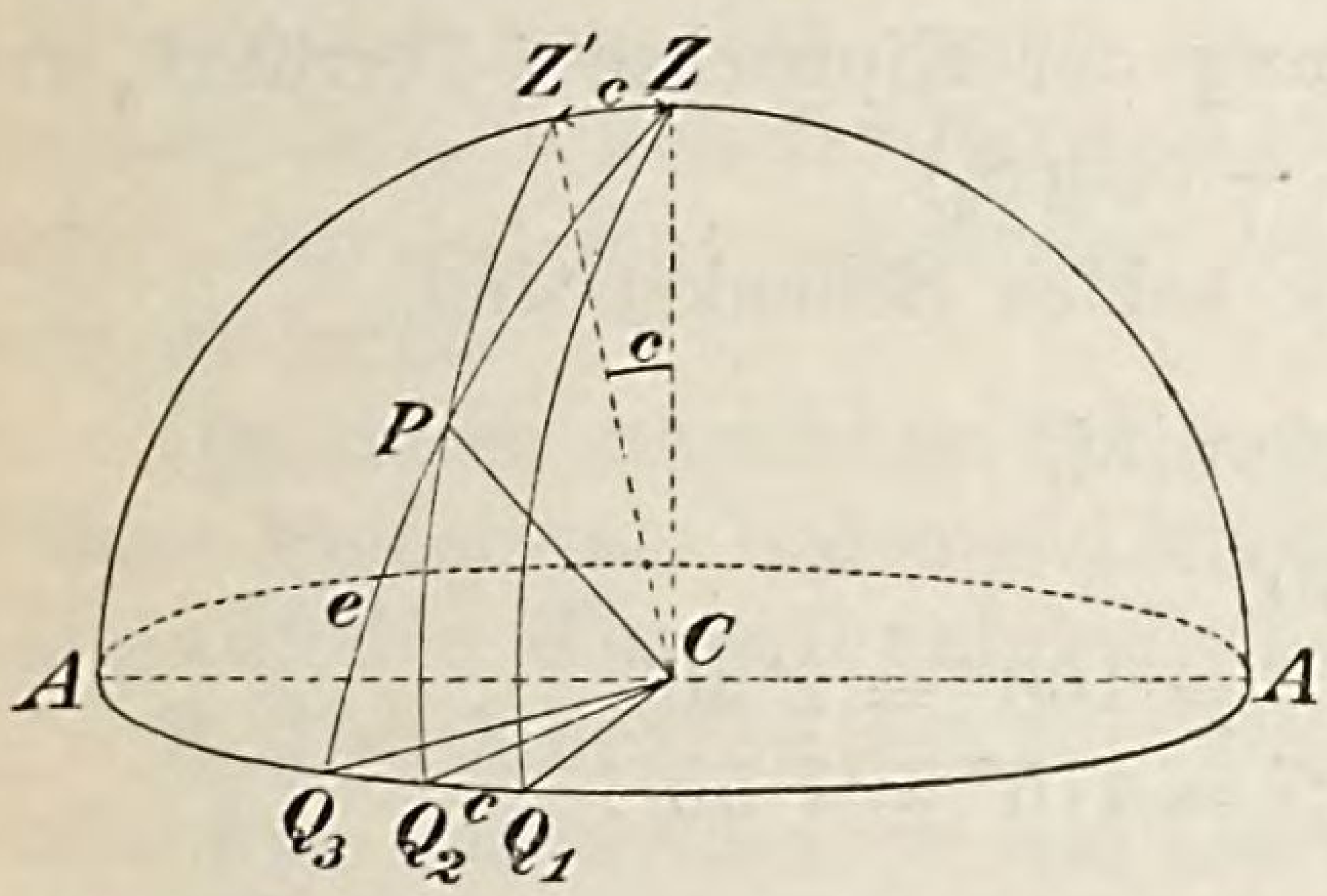


Fig. 105. Folgen einer falschen Stellung von Seh- und Kippachse.

In Fig. 105 ist AA die Kippachse, CZ die rechtwinkelig dazu stehende Sehachse des Fernrohres und CZ_1 ist die unrichtige um den Winkel c abweichende Sehachse. P ist der anzuzielende Punkt. Kippt man das Fernrohr, so würde die richtige Absehlinie CZ den Kreisbogen ZQ_1 und die unrichtige den Parallelkreis Z_1PQ_2 beschreiben.

Die Projektionsebene der richtigen Sehachse durch den Punkt P würde den Teilkreis in Q_3 treffen, während die projizierende Kegelfläche der unrichtig stehenden Sehachse dies in Q_2 thut.

Der entstehende Fehler ist Q_2Q_3 und ist, wenn e den Höhenwinkel des schiefen Schenkels CP bedeutet $= c \operatorname{tg} e \operatorname{tg} \frac{1}{2} e$.

Dies ist aber nur der Fehler einer Ablesung. Für den Winkel, der sich aus dem Unterschied zweier Ablesungen ergiebt, ist, wenn e_1 und e_2 die Höhenwinkel beider Schenkel sind, der Fehler

$$fc = c \,.\, (\operatorname{tg} e_1 \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} e_1 - \operatorname{tg} e_2 \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} e_2).$$

Zahlenbeispiel:

$$c = 30' \quad \begin{array}{ll} e_1 = 10^0,\ e_2 = 5^0;\ fc = 21'' & e_1 = 20^0,\ e_2 = 0^0;\ fc = 115'' \\ e_1 = 10^0,\ e_2 = -5^0;\ fc = 35'' & e_2 = 20^0,\ e_2 = -15^0;\ fc = 179'' \end{array}$$

In der zweiten Lage des Fernrohres liegt der kleine Winkel c auf der anderen Seite von CZ. fc wechselt zwar das Vorzeichen, aber nicht die Größe. Das Nehmen des arithmetischen Mittels giebt den richtigen Wert.

2. Der Inklinationsfehler. Die Kippachse stehe nicht rechtwinkelig zur Zentralachse und die Fernrohrsehachse kippe deshalb nicht in dem Vertikalkreise ZPQ, sondern in einem schiefen Kreise Z_1PQ_1. CZ_1 weicht von der Senkrechten CZ um den kleinen Winkel i ab (Fig. 106). (Vergl. § 41.)

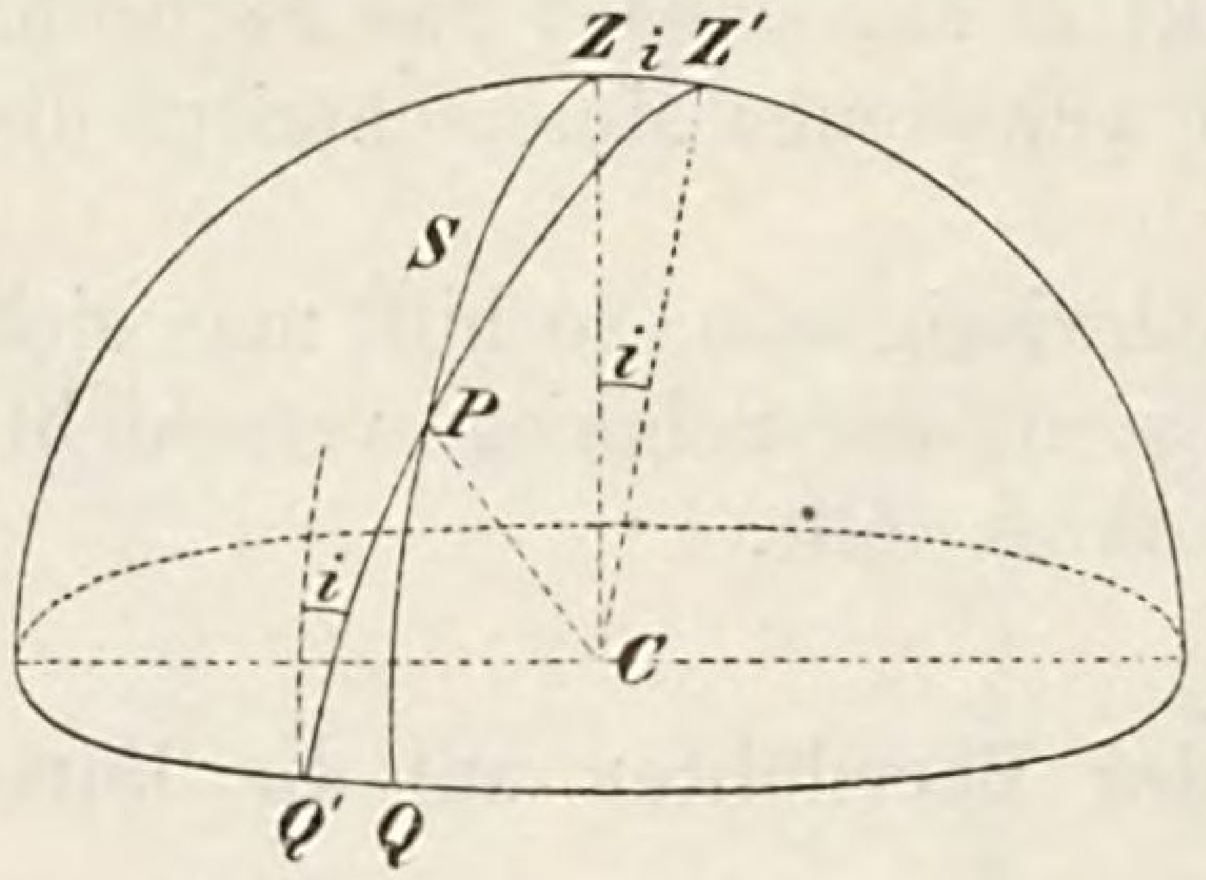


Fig. 106. Folgen der unrichtigen Stellung von Kipp- und Zentralachse.

Der Zenithabstand des Punktes P sei gleich S. Dann ist in dem sphärischen Dreiecke PQ_1Q, $PQ = 90 - S$ und der Winkel $PQ_1Q = 90 - i$. Den Fehler Q_1Q findet man aus der Gleichung $\sin Q_1Q = \operatorname{tg} i \operatorname{cotg} S$. Da i und Q_1Q nur kleine Winkel sind, so ist $Q_1Q = i \operatorname{cotg} S$ und der Fehler in der Messung eines Horizontalwinkels, der von der Neigung der Kippachse i herrührt, ist

$$fi = i\,(\operatorname{cotg} S_1 - \operatorname{cotg} S_2),$$

worin S_1 und S_2 die Zenithwinkel der beiden Schenkel sind.

Zahlenbeispiel.

$$i = 30'$$
$$S_1 = 80^0,\ S_2 = 85^0;\ fi = 160'' = 2'\,40''$$
$$S_1 = 80^0,\ S_2 = 95^0;\ fi = 475'' = 7'\,55''.$$

Der Fehler läßt sich ausscheiden durch das Messen in der zweiten Lage des Fernrohres. Hierbei kommt die Kippachse in eine um 180 Grad veränderte Lage und die Neigung i ändert das Vorzeichen aber nicht die Größe. Der Fehler verschwindet also beim Nehmen des arithmetischen Mittels.

3. Der Vertikalfehler. A. Die Horizontalstellung sei nicht in Ordnung.

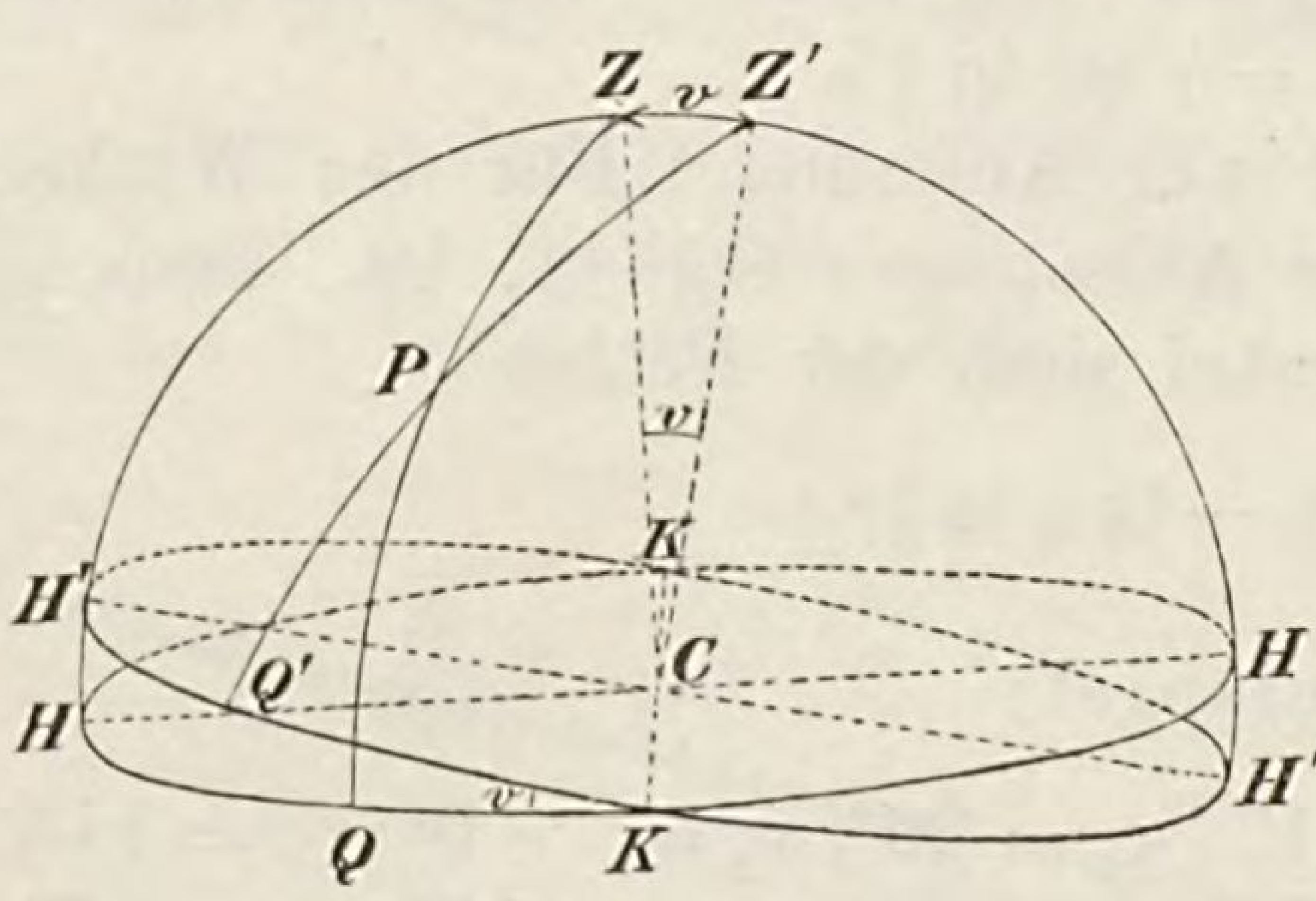


Fig. 107. Folgen der unrichtigen Horizontierung.

Die Vertikalachse sei um einen kleinen Winkel v gegen die Senkrechte geneigt. Ist der Limbus H_1H_1 rechtwinkelig zur Vertikalachse, so ist er ebenfalls um den Winkel v gegen den Horizont HH geneigt. Beide Kreise HH und H_1H_1 schneiden sich in der Knotenlinie KK.

In Fig. 107 ist durch die Senkrechte CZ und die schief stehende Achse CZ_1 die Ebene HH_1ZZ_1 gelegt. Die Projektionsebene durch den Punkt P der schief stehenden Achse schneidet den schräg stehenden Limbus H_1H_1 in Q_1, während die durch P gelegte Projektionsebene der

senkrecht stehenden Achse den Horizont HH in Q schneidet. Nennt man nun den Bogen $KQ = \psi$ und den Bogen $KQ_1 = \varphi$, so ist $\psi - \varphi$ der Fehler einer Ablesung.

Es läßt sich nachweisen, daß sehr angenähert $\psi - \varphi = v \operatorname{cotg} z \cos \varphi$ ist. z ist der dem Bogen ZP entsprechende Zenithwinkel.

Bedeutet die angehängte 1 die auf den ersten, die angehängte 2 die auf den zweiten Winkelschenkel bezüglichen Größen, so ist

$$fv = v(\operatorname{cotg} z_1 \cos \varphi_1 - \operatorname{cotg} z_2 \cos \varphi_2).$$

Wenn aus φ bei wiederholter Messung $-\varphi$ wurde, so wäre damit nichts genützt, da $\cos \varphi = \cos(-\varphi)$.

Der Fehler kann durch eine Messung in zweiter Lage des Fernrohres nicht ausgeschieden werden.

Der Fehler hängt ab von der Größe des Winkels w und von der Lage seiner Schenkel gegen die Knotenlinie, wie man den Durchmesser, in dem sich der Horizontal- und schief stehende Kreis schneiden, nennt, so daß eine allgemeine Berechnung von fv nicht vorgenommen werden kann.

Die durch unrichtige Stellung des Vertikalzapfens herbeigeführten Fehler können sehr bedeutend werden und deswegen ist große Sorgfalt auf die Horizontalstellung zu verwenden.

B. Der Horizontalkreis stehe nicht rechtwinkelig zur Vertikalachse und weiche um den kleinen Winkel δ aus der Horizontalen ab.

HH bedeutet in Fig. 108 den Horizontalkreis und H_1H_1 den schiefen Hauptkreis (Limbus). Die senkrechte Projektionsebene durch den Punkt P trifft den schiefen Limbus in Q_1 und den Horizontalkreis in Q. Der Unterschied zwischen den Bögen KQ und KQ_1 ist der Ablesefehler, der niemals sehr groß sein wird.

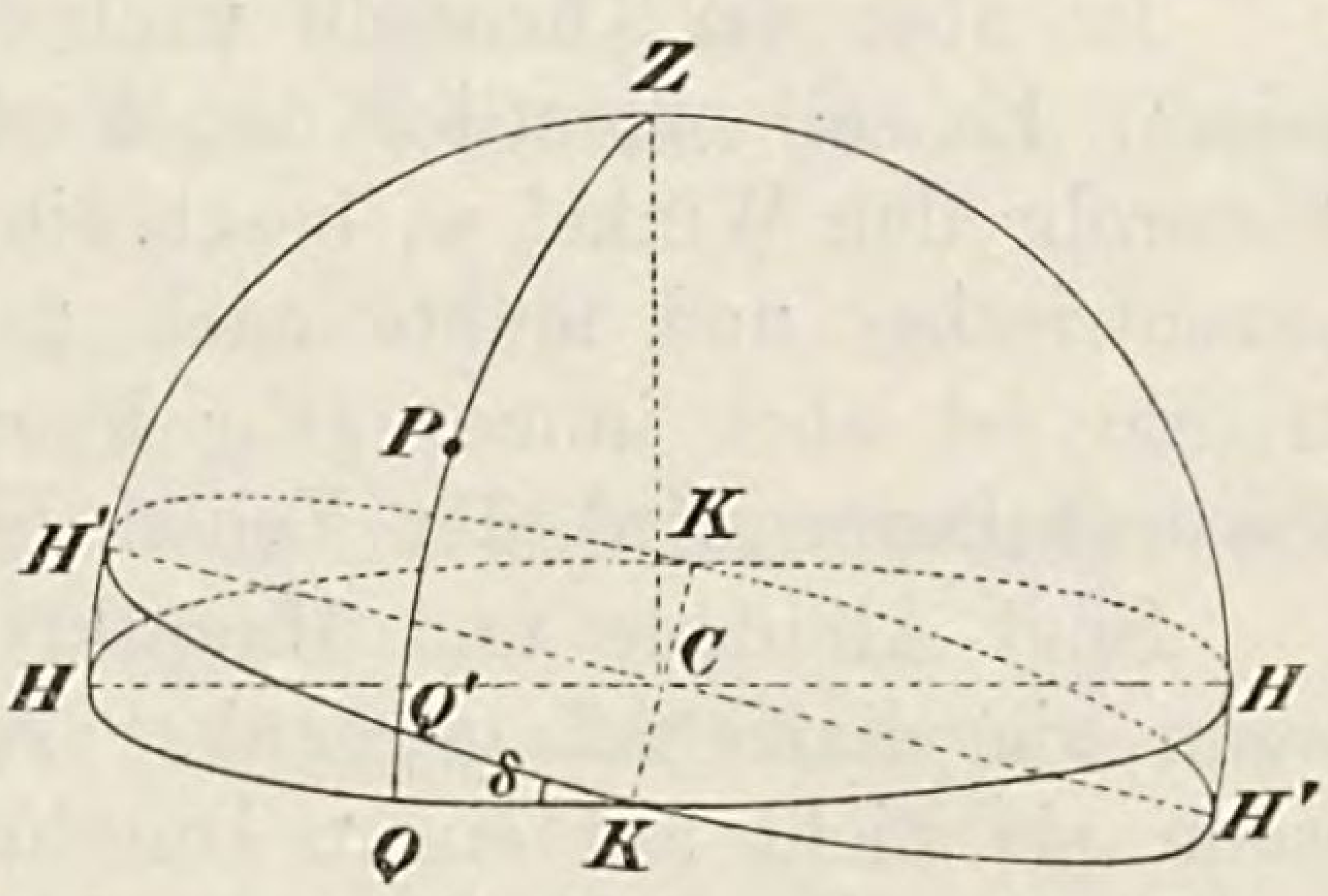


Fig. 108. Schiefe Stellung des Hauptkreises.

Der Fehler ist ebenfalls abhängig von der Lage der Knotenlinie und von der Größe des Winkels.

Ist w der richtige und w_1 der unrichtige Winkel und sind φ_1 und φ_2 die Projektionen des linken Schenkels und ψ_1 und ψ_2 die des rechten Schenkels, so ist $\sin w = \sin w_1 \cos \delta \frac{\cos \varphi_1 \cos \varphi_2}{\cos \psi_1 \cos \psi_2}$.

Der Fehler läßt sich durch das Messen in beiden Lagen nicht ausscheiden.

§ 50. Die Exzentrizitäten am Theodoliten.

Die exzentrische Stellung des Fernrohrs ist in § 48 besprochen.

Fallen die Mittelpunkte der Alhidadenachse A und der Limbusachse C nicht in eine Vertikale, während beide Achsen sonst parallel sind, so ist je nachdem der Theodolit nach A oder C zentriert ist eine Exzentrizität des Limbus oder der Alhidade vorhanden.

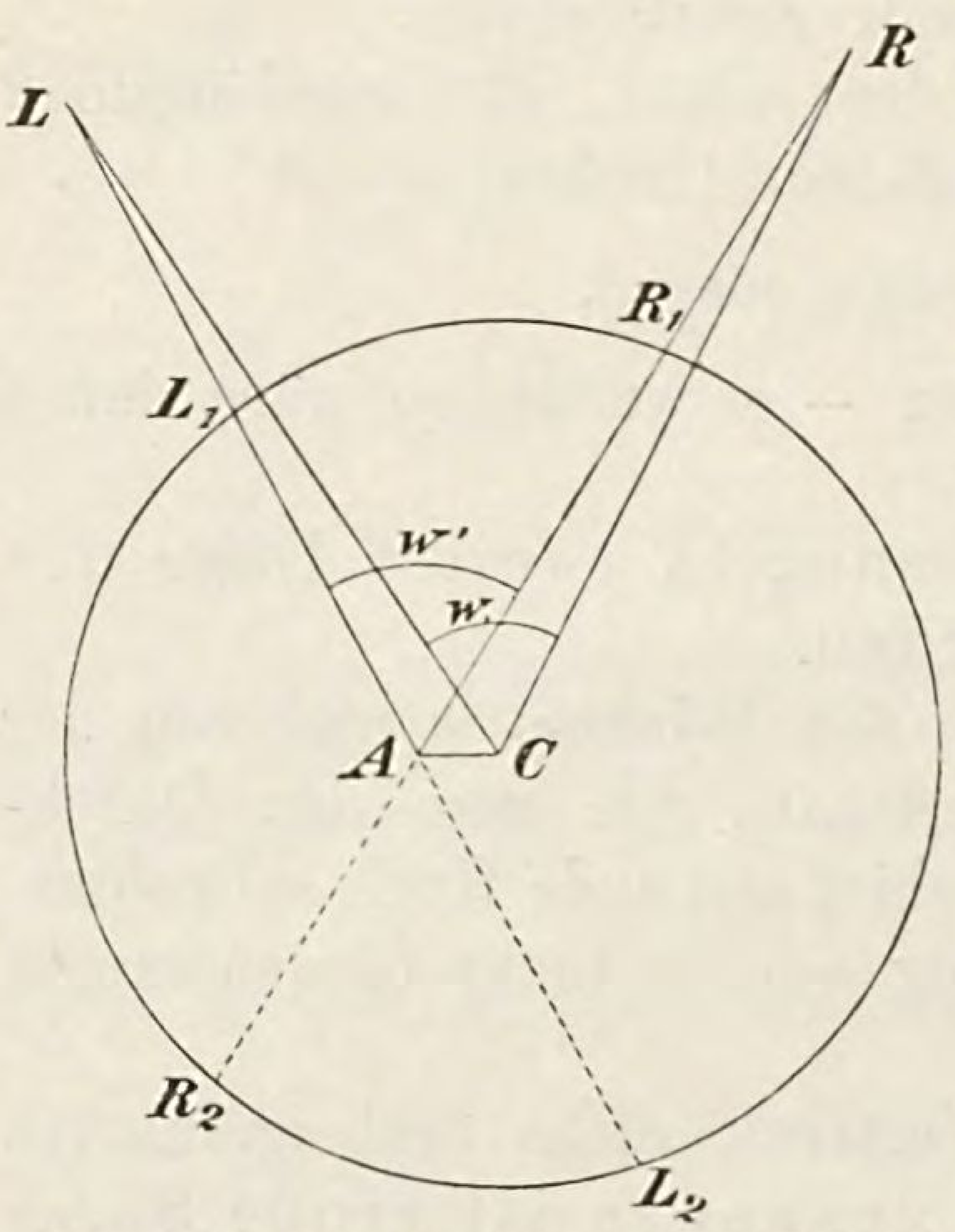


Fig. 109. Exzentrizität der Alhidade oder des Limbus.

Ist der Theodolit nach A zentriert, so ist der Limbus exzentrisch.

Wird das Fernrohr aus der Richtung des linken Schenkels AL in die Richtung des rechten Schenkels AR gebracht, so ist der Winkel w_1 beschrieben, dessen Maß nach einem bekannten geometrischen Satze gleich $\frac{L_1 R_1 + L_2 R_2}{2}$ ist, wobei vorausgesetzt wird, daß L_2 und R_2 in der Verlängerung der beiden Schenkel liegen.

Hat der Theodolit zwei Nonien, die diametral gegenüber liegen, so ergiebt die Ablesung an dem einen Nonius den Bogen $L_1 R_1$, die an dem anderen den Bogen $L_2 R_2$.

Der Fehler ist also durch Ablesen an beiden Nonien und durch das Nehmen des arithmetischen Mittels leicht zu beseitigen.

Ist aber der Theodolit nach C zentriert, so ist die Alhidade exzentrisch. Es soll eigentlich der Winkel w gemessen werden, während das Fernrohr den Winkel w_1 beschreibt. Der gemessene Winkel ist dann ein exzentrischer und müßte nach § 48 behandelt werden. Diese Exzentrizität ist aber immer sehr klein und durch die Messung in beiden Fernrohrlagen wird der Fehler bis zum Verschwinden herabgemindert.

Sind Alhidade und Hauptkreis zentrisch, so werden die Nonien, wenn sie diametral gegenüber stehen, immer übereinstimmen, oder, wenn sie nicht auf einem Durchmesser liegen, um einen stets gleichbleibenden Wert abweichende Ablesungen ergeben. Ist aber die Alhidade exzentrisch, so ist der Unterschied der Ablesungen beider Nonien gesetzmäßig veränderlich.

Befinden sich die Nonien N und M (Fig. 110) gerade auf der Exzentrizitätslinie AC, so ist kein Unterschied beider Ablesungen vorhanden, sind sie aber durch Drehung in eine zur Exzentrizitätslinie rechtwinkelige Stellung gekommen, so ist der Unterschied am größten, nämlich $180^0 + 2x$.

Auch hier giebt das arithmetische Mittel aus beiden Ablesungen den richtigen Wert.

Hatte die Prüfung ergeben, daß Limbus- und Alhidadenachse einen kleinen Winkel mit einander machen, so ist bei der einfachen

Winkelmessung der Theodolit nach der Alhidadenachse bei der Repetition nach der Hauptkreisachse horizontal zu stellen.

Bei der einfachen Winkelmessung wird nur die Alhidade gedreht und die geneigte Stellung der Limbusachse ist ohne allen Einfluß.

Bei der Repetition des Winkels bleibt die Achse des Hauptkreises vertikal, und die Kippachse kann sich nur um den immer sehr kleinen Divergenzwinkel von Limbus- und Alhidadenachse neigen.

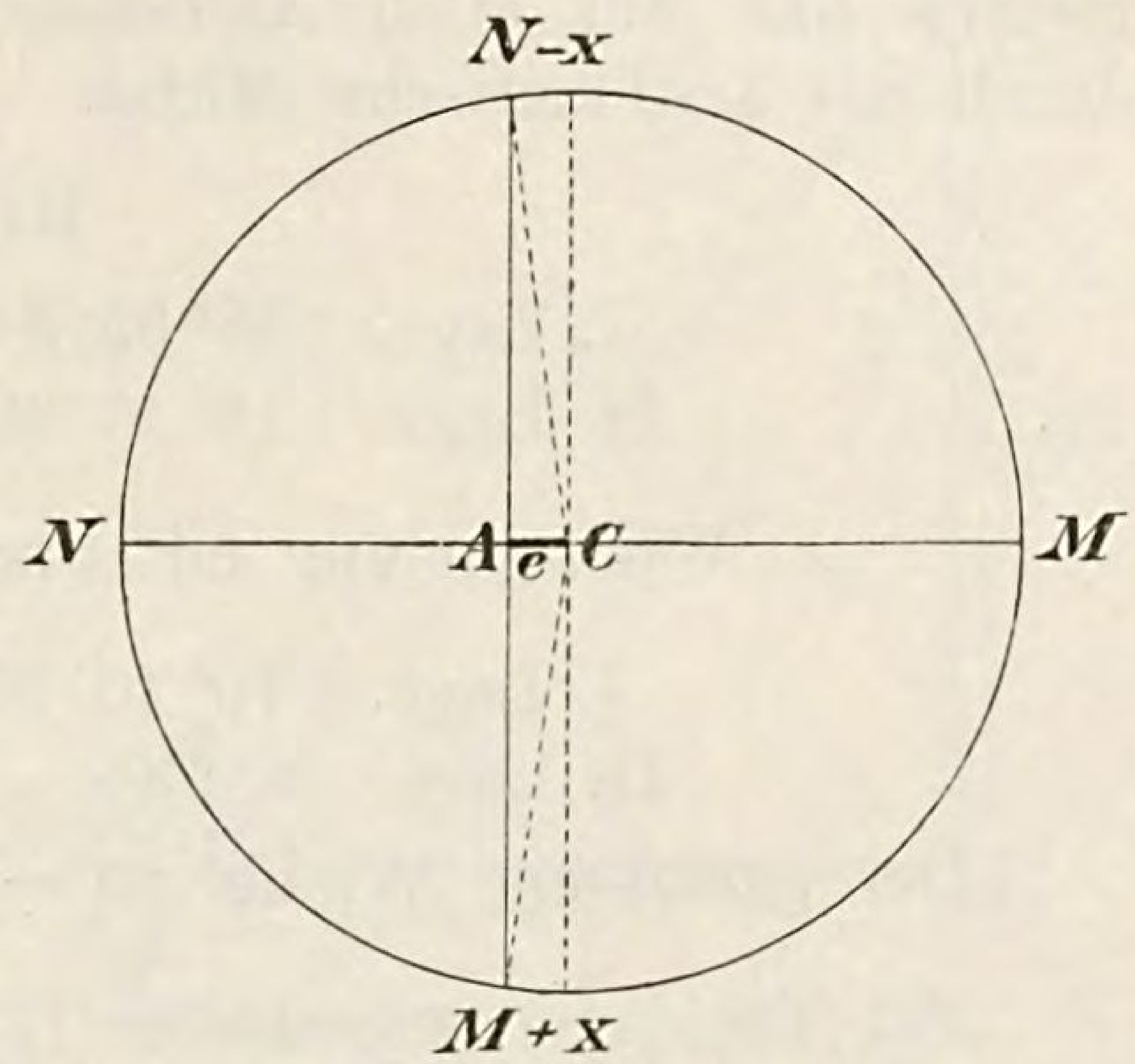


Fig. 110. Exzentrizität der Alhidade.

Bei fortgesetzter Repetition ist aber schon nach halber Umdrehung der Alhidade diese Neigung eine entgegengesetzte geworden und wirkt auch im entgegengesetzten Sinne wie vorher, also den Fehler herabmindernd.

Die Einwirkung einer Anzahl von Fehlern des Theodoliten kann also durch die entsprechende Meßmethode ausgeschieden werden und zwar:

A. Durch die Messung in beiden Lagen des Fernrohres.

1. die schiefe Stellung der Sehachse zur Kippachse,
2. die schiefe Lage der Kippachse zur Vertikalachse,
3. die Verschiebung der Sehachse beim Ziehen des Okulars (vergl. § 40),
4. die Exzentrizität des Fernrohres.
5. die Exzentrizität der Alhidade (Fig. 109).

B. Durch Ablesen an beiden Nonien die Exzentrizität des Limbus (Fig. 109) und der Alhidade (Fig. 110).

C. Durch das Repetieren des Winkels das Divergieren von Alhidaden- und Limbusachse.

Dagegen kann auf keine Weise der Fehler ausgeschieden werden, der durch unrichtige Horizontalstellung des Theodoliten verursacht wird.

§ 51. Das Messen von Vertikalwinkeln.

Nach der Bezifferung des Höhenkreises und der Stellung des Nonius zur Teilung mißt man Zenithwinkel oder Höhen- und Tiefenwinkel. (Vergl. § 36.)

Zur Ermittelung des Vertikalwinkels zielt man das Höhensignal an und liest auch hier an beiden Nonien ab, sodann wiederholt man die Messung in zweiter Lage und nimmt das Mittel aus beiden Werten.

Eine Repetition der Vertikalwinkel in der Weise, wie die der

Horizontalwinkel, ist nicht möglich. Ist aber der Höhenkreis verstellbar, so läßt sich der Höhenwinkel in verschiedenen Stellungen des Kreises messen und aus allen Ablesungen erhält man einen genaueren Wert durch das arithmetische Mittel.

Beispiel.

I. Lage.	$75^0 33' 30''$	Mittel $75^0 55' 30''$
II. Lage.	$76^0 17' 30''$	

Wiederholung mit etwas verstelltem Höhenkreis.

I. Lage.	$70^0 15' 30''$	Mittel $75^0 55' 15''$
II. Lage.	$81^0 35$ —	

Der gemessene Winkel ist $= 75^0 55' 22''$.

Bei Tachymetermessungen (11. Kapitel) mißt man die Höhenwinkel nur in einer Lage des Fernrohres und liest nur an einem Nonius ab. Hierbei muß der Indexfehler beseitigt oder doch bekannt sein. Er ist dann zur Beseitigung von Irrtümern immer in einer bestimmten Fernrohrlage zu messen, da der Fehlerwinkel in einer Lage positiv, in der anderen negativ ist.

Der Höhenkreis muß ferner genau zentrisch zur Kippachse sein, weil sonst die Ablesung eines Nonius große Fehler herbeiführt.

Für Tachymetermessungen ist es zweckmäßig, den Höhenkreis für das Ablesen der Zenithwinkel einzurichten, da bei den schnell auszuführenden Ablesungen die kleinen Höhen- und Tiefenwinkel leicht verwechselt werden.

Von großer Wichtigkeit beim Messen der Vertikalwinkel ist die genaue Horizontalstellung des Theodoliten.

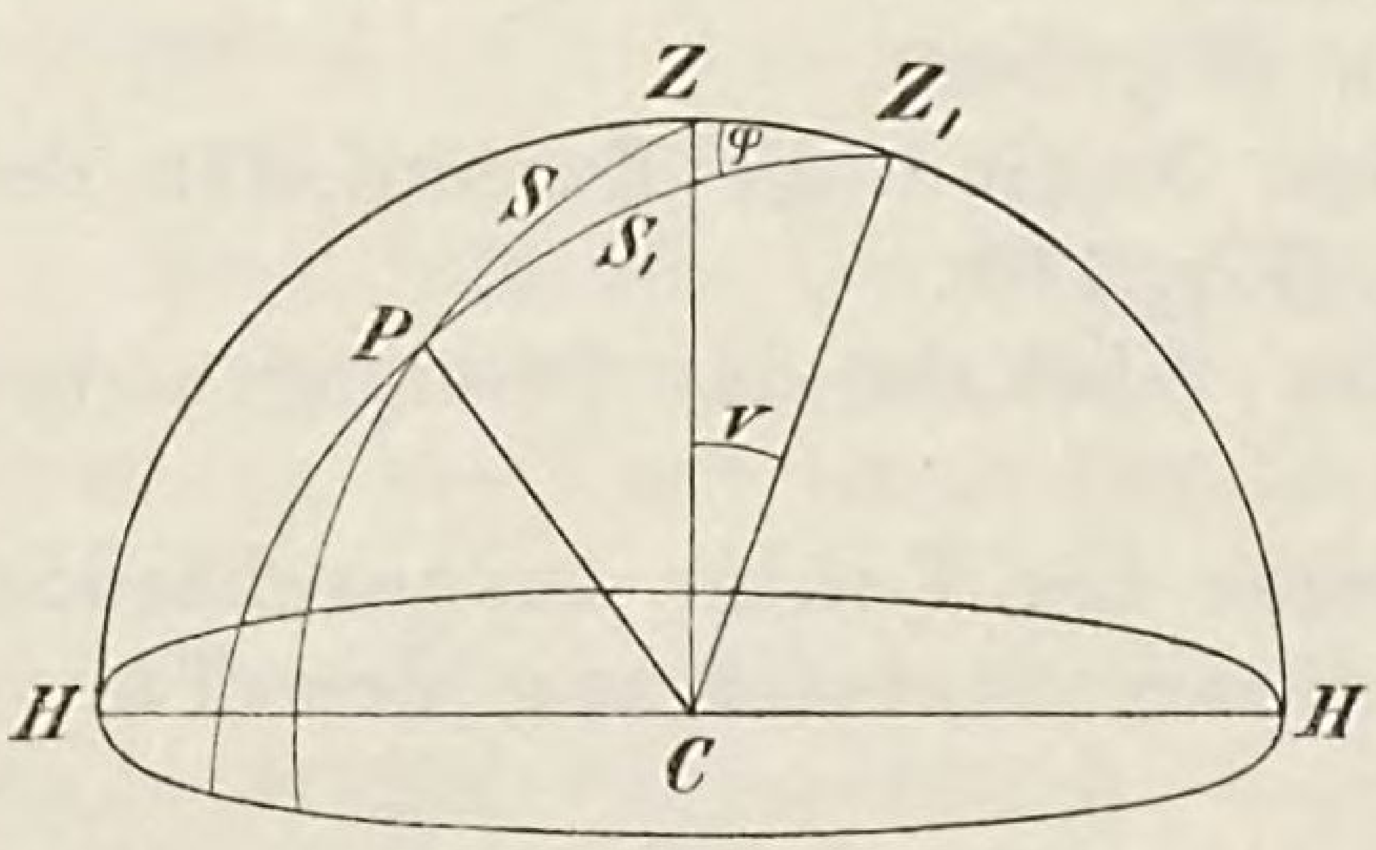


Fig. 111. Fehler des Vertikalwinkels bei unrichtiger Horizontierung.

In Fig. 111 sei CZ_1 die richtige Stellung der Vertikalachse, CZ_1 die um den Winkel v davon abweichende schief stehende Achse. Die Ebene durch CZ_1 und CZ schneide eine um C als Mittelpunkt beschriebene Kugel nach dem Kreise HZZ_1H, der Horizont aber jene Kugel nach dem Kreise HH.

P sei der angezielte Punkt. Der richtige Zenithwinkel wird durch den Bogen $ZP = S$, der falsche, den die Ablesung am unrichtig stehenden Instrument liefert, durch den Bogen $Z_1P = S_1$ gemessen. Bezeichnet man mit φ den Winkel, welchen die Ebene HZZ_1H mit der unrichtig projizierenden Ebene CZ_1P bildet, so liefert das sphärische Dreieck ZZ_1P die Gleichung:

$$\cos S = \cos S_1 \cos v + \sin S_1 \sin v \cos \varphi.$$

Wird φ gleich 0 oder 180°, so wird $\cos S = \cos(S_1 \mp v)$ und der Fehler ist am größten.

Für alle anderen Werte von φ wird der Fehler kleiner, am kleinsten wenn $\varphi = 90°$. Dann ist $\cos = \cos S_1 \cos v$, und da v ein sehr kleiner Winkel ist, so wird $\cos v$ nahezu gleich 1.

Ein Punkt beim Höhenwinkelmessen mit exzentrisch liegendem Fernrohre bedarf noch der Berücksichtigung.

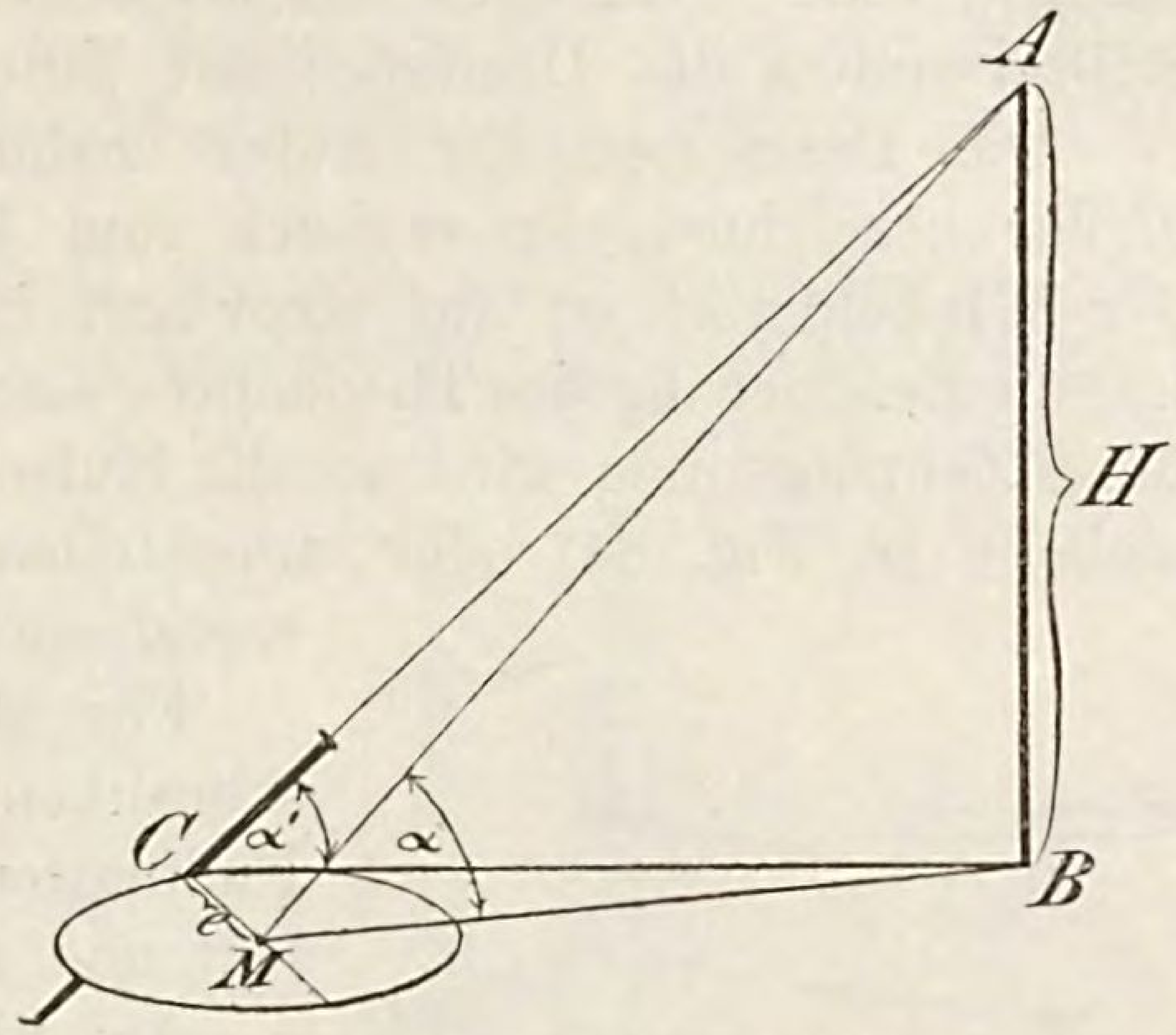


Fig. 112. Messen von Höhenwinkeln mit einem exzentrischen Fernrohre.

Der Winkel $AMB = \alpha$ (Fig. 112) soll ermittelt werden und der Winkel α' wird gemessen.

Nun ist $\operatorname{tg}\alpha = \frac{H}{MB}$ oder da $MB = \sqrt{BC^2 + MC^2} = \sqrt{H^2 \operatorname{cotg}^2 \alpha_1 + e^2}$,

$$\text{so ist } \operatorname{tg}\alpha = \frac{H}{\sqrt{H^2 \operatorname{cotg}^2\alpha_1 + e^2}} = \frac{H}{H \operatorname{cotg}\alpha_1 \sqrt{1 + \frac{e^2}{H^2 \operatorname{cotg}^2 \alpha_1}}} = \frac{\operatorname{tg}\alpha_1}{\sqrt{1 + \left(\frac{e}{H \operatorname{cotg}\alpha_1}\right)^2}}.$$

Ist $H \operatorname{cotg}\alpha_1$ gegen die Exzentrizität e des Fernrohres hinreichend groß, so verschwindet das Glied $\left(\frac{e}{H \operatorname{cotg}\alpha_1}\right)$ und Winkel $\alpha = \alpha_1$.

Ist z. B. $H = 25$ m, $\alpha_1 = 75°$, $e = 0{,}07$, so ist $\alpha = 74° 59' 57''$.

§ 52. Das Aufstellen und Zentrieren des Theodoliten und die Signale.

A. Über Tage.

Das Aufstellen und Zentrieren des Theodoliten erfolgt über Tage ausschließlich mittels Stativs und der Zentralschraube.

Das Stativ wird zunächst so über den an einem Pfahl oder einem Stein durch eine Marke bezeichneten Punkt gestellt, daß die Kopfplatte möglichst horizontal und die Mitte ihrer Durchbohrung senkrecht über dem Winkelscheitel ist. Sodann wird der Theodolit aufgesetzt, die Zentralschraube an das untere mit Gewinde versehene Ansatzstück des Fußes angeschraubt und ein Lot in den Haken der Zentralschraube gehängt. Die Spiralfeder wird nur mäßig zusammengepreßt.

Der Theodolit wird nunmehr so lange abwechselnd horizontal gestellt und auf dem Stativteller verschoben, bis bei vollständig horizontaler Stellung des Theodoliten das Lot genau in die Marke des Steines oder Pfahles einspielt. Hierauf wird erst die Spiralfeder der Zentralschraube scharf zusammengepreßt. Bei der stets gleichzeitig auszuführenden Horizontierung und Zentrierung des Theodoliten leistet die Dosenlibelle

vorzügliche Dienste; die Anwendung der Reiterlibelle würde sehr zeitraubend sein. Das eben beschriebene Verfahren setzt voraus, daß die Stellschrauben des Dreifußes mit Unterlegescheiben versehen sind.

Die Dreieckspunkte erster Ordnung sind häufig durch steinerne Pfeiler bezeichnet, die zugleich zum Aufstellen des Theodoliten dienen. Der Winkelpunkt ist auf einer gut befestigten Metallplatte bezeichnet und die Zentrierung des Theodoliten erfolgt mittels einer Zentrierspitze. Diese Zentrierspitze wird an die Hülse des Dreifußes unten angeschraubt (siehe C in Fig. 84) oder unmittelbar an das mit Schraubengewinde versehene Ende der Alhidadenachse (Fig. 113).

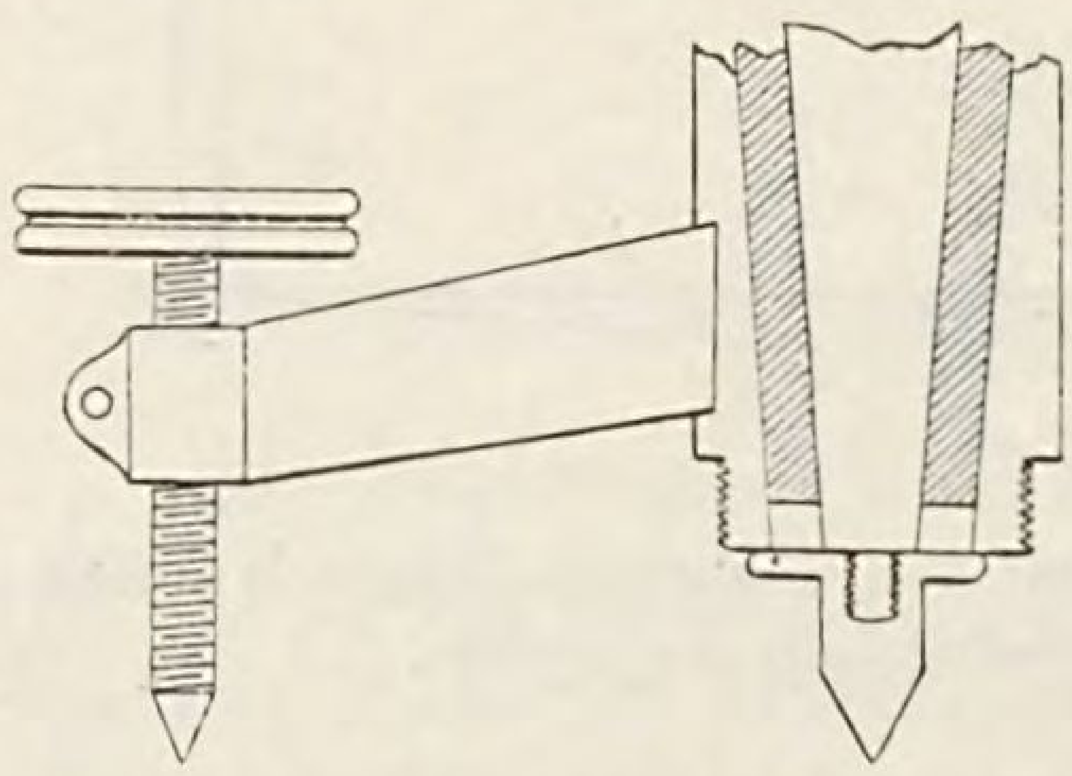


Fig. 113. Zentrierspitze.

Für die mit Spitzen versehenen Fußschrauben des Theodoliten werden kupferne Fußplatten mit Körnern auf den Stein gelegt und meist dauernd befestigt.

Als Signale sind über Tage für große Entfernungen drei- oder vierfüßige Bocksignale (Fig. 114) gebräuchlich, für kürzere Entfernungen gerade, weiß bemalte Stangen mit Fähnchen (Fig. 115), welche durch Stützen in senkrechter Stellung erhalten werden. Bei ganz kurzen Polygonseiten, wie sie ausnahmsweise auch bei Tagemessungen vorkommen, ist ein feiner Stift oder eine Lotschnur als Ziel zu benutzen.

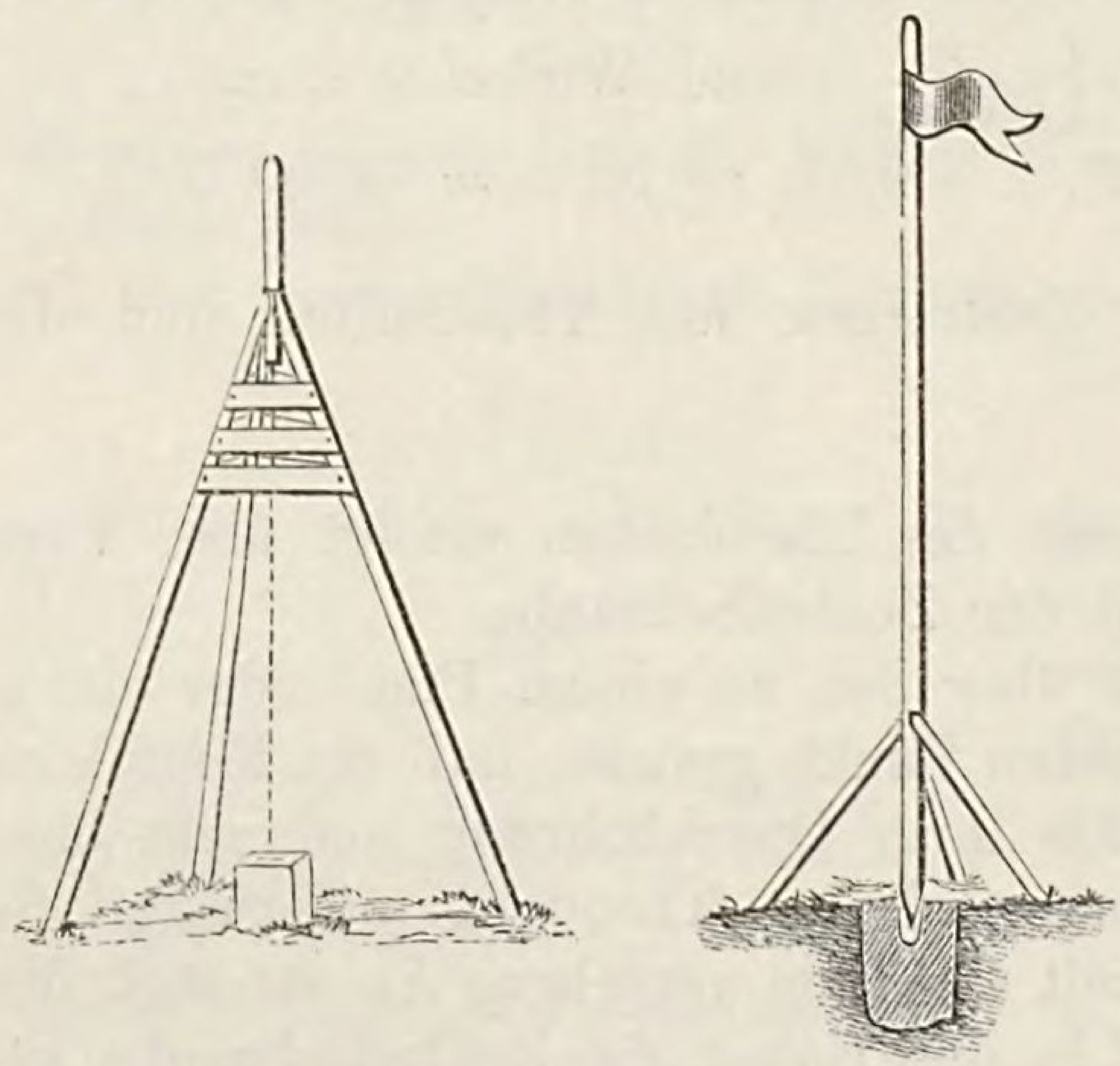


Fig. 114. Fig. 115.
Signale für Theodolitenmessungen über Tage.

Von den Stangensignalen ist womöglich der tiefste Punkt anzuzielen.

Die senkrechte Aufstellung von Signalen über Steinen oder Pfählen, die nicht mit einem Loch versehen sind, wird erleichtert durch die Doppelringe.

Der Doppelring (Fig. 116) besteht aus zwei Ringen, die um einen gemeinsamen Bolzen a drehbar sind, dessen Achse mit der Verbindungslinie der Mitten beider Ringe zusammenfällt. Jeder der beiden Ringe ist mit einer Klemmschraube b und c versehen, die gegen eine innerhalb der Ringe liegende Blattfeder wirken. Der in den Ring eingeschobene Stab kann, ohne sein Beschädigen zu befürchten, festgeklemmt werden.

Die Benutzung der Ringe geht aus Fig. 116b hervor, welche zeigt, wie mit Hilfe eines in den Boden getriebenen Richtstabes f der andere

Stab *e*, der mit *f* durch einen Doppelring verbunden ist, in senkrechter Stellung über einen Stein erhalten wird. Genügt zum Halten von *e* ein Stab *f* als Stütze nicht, oder läßt der Boden das Eintreiben der Stützen nicht zu, so wird man noch zwei Fluchtstäbe an *e* mittels je eines Doppelringes befestigen.

Die Winkelmessungen über Tage sind zu einer solchen Zeit auszuführen, in welcher die Signale gut beleuchtet sind. Einige Winkel

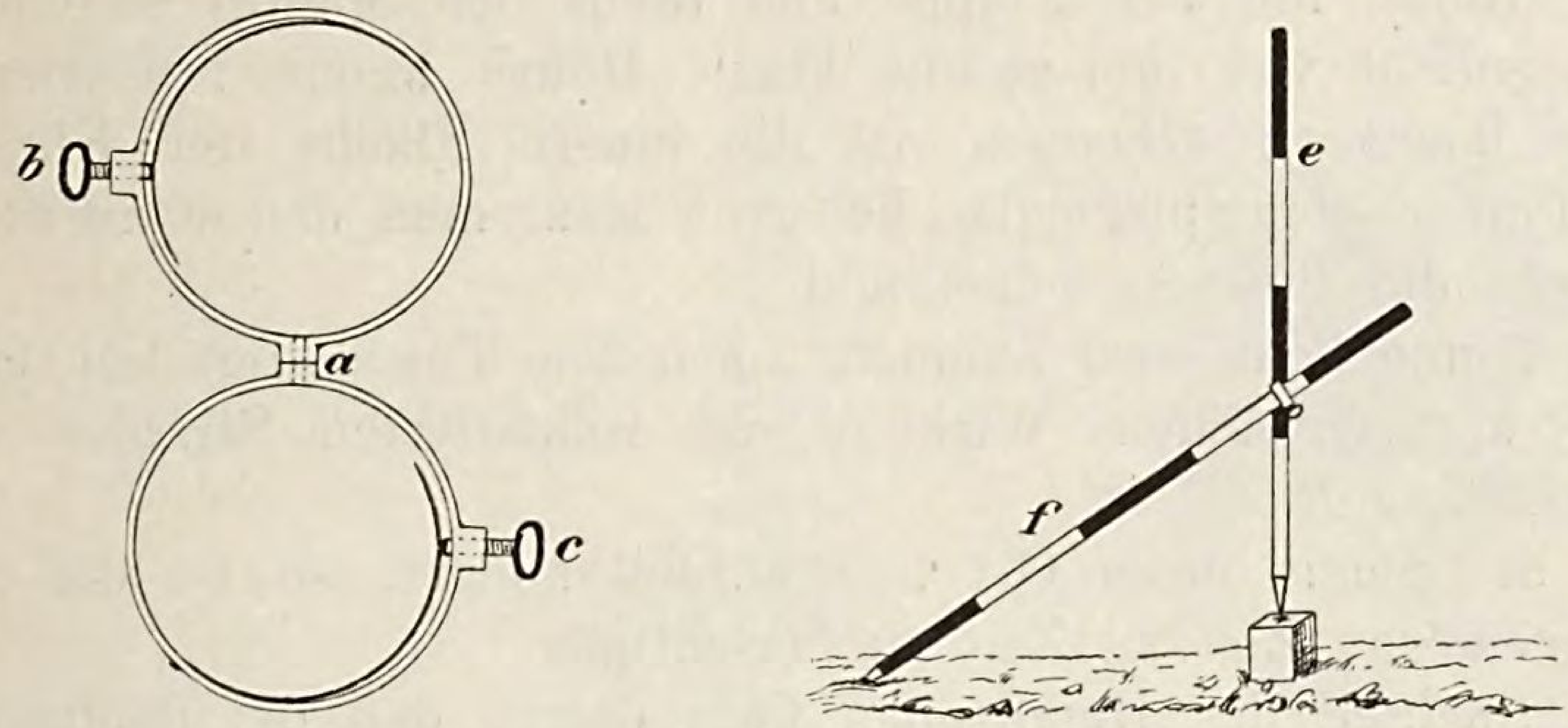


Fig. 116a u. b. Doppelringe und ihr Gebrauch.

werden daher am besten am Vormittag, andere am Nachmittage zu messen sein.

In einzelnen Fällen wird der Markscheider auch das von Gauss erfundene Heliotrop benutzen. Bequemer als der ursprüngliche Gauss'-

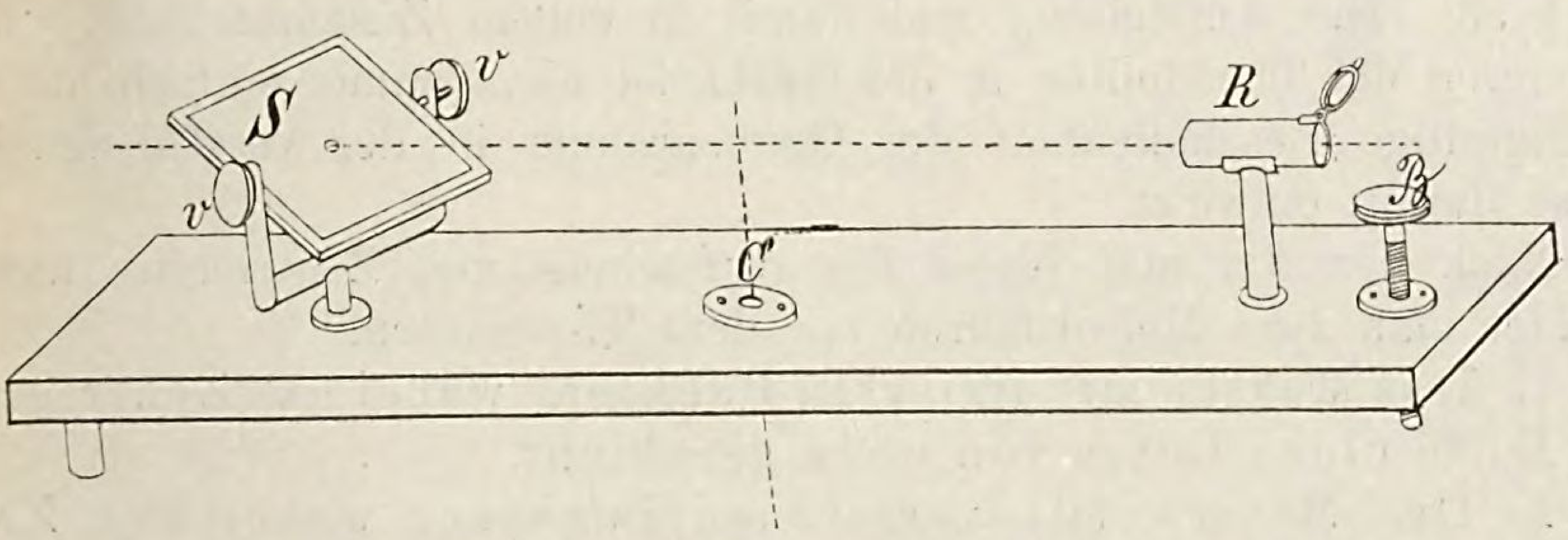


Fig. 117. Das Baeyersche Heliotrop.

sche Apparat und von jedem Meßgehilfen leicht zu bedienen ist das Baeyersche oder Bertramsche Heliotrop.

Ein Brett (Fig. 117) kann auf geeigneter Unterlage mit dem Drehpunkte *C* zentrisch über einen Signalpunkt gestellt und mittels der Schraube *B* etwas geneigt werden. In einem Loche steckt der Zapfen eines einfachen Gestelles, das den Spiegel *S* trägt. Dieser ist um eine durch die beiden Schrauben *vv* gebildete Achse drehbar, und da der runde Zapfen des Spiegelgestelles sich auch drehen läßt, so kann dem Spiegel jede beliebige Stellung gegeben werden.

Bayerische Staatsbibliothek München

An der entgegengesetzten Seite des Brettes steckt in einem viereckigen Loche der ebenso gestaltete Zapfen der kleinen Röhre *R*, die mit einer Gelenkklappe geöffnet und geschlossen werden kann.

Die Spiegelbelegung ist in der Mitte innerhalb eines kleinen Kreises entfernt. Zum Gebrauche stellt man das Brett zentrisch so auf, dass man durch den kleinen Kreis in der Mitte des Spiegels und durch die geöffnete Röhre *R* nach dem Theodoliten blicken kann. Darauf schließt man die Röhre mit der Klappe und dreht den Spiegel so lange, bis das Sonnenlicht von ihm in die kleine Röhre hinein reflektiert wird. Um dies leicht zu erkennen, ist die innere Fläche der Klappe mit weißem Papier oder Spiegelglas belegt, worauf man den etwas dunkleren Mittelpunkt des Spiegels sehen muß.

Das Sonnenlicht wird nunmehr nach dem Theodoliten hin reflektiert und zur ungeschwächten Wirkung der reflektierten Strahlen entfernt man die Röhre *R*.

Da die Sonne ihren Ort fortwährend ändert, so ist die Stellung des Spiegels von Zeit zu Zeit zu berichtigen.

Ein Nachteil des Heliotropen liegt darin, daß die Beobachtungen bei Sonnenschein gemacht werden müssen, der ohnehin viele Nachteile mit sich bringt (Unruhe des Bildes). Man hat deshalb sich wieder den Nachtmessungen zugewendet, wobei Lampensignale mit elektrischem Licht am zweckmäßigsten sind.

B. Aufstellen und Zentrieren des Theodoliten in der Grube.

§ 53. Die Aufstellung und damit in engem Zusammenhange das Zentrieren des Theodoliten in der Grube ist nicht immer einfach, da die mannigfaltige Beschaffenheit der Grubenräume in der verschiedensten Weise darauf einwirkt.

Nach der Art und Weise des Aufstellens und Zentrierens unterscheidet man zwei Meßverfahren mit dem Theodoliten.

1. Das Messen mit fixierten Punkten, wobei das Zentrieren mit Hilfe eines Lotes von oben geschieht.

2. Das Messen mit verlorenen Punkten, wobei das Zentrieren mit Hilfe von Untersätzen also gewissermaßen von unten erfolgt.

Beide Methoden gehen zuweilen ineinander über.

Das Messen mit fixierten Punkten. Das dauernde Fixieren der Winkelpunkte geschieht fast ausnahmslos in der Firste und zwar durch kleine messingene oder eiserne Krampen (Figg. 118a. 119), deren Steg ein Loch zur Aufnahme der Lotschnur hat, sowie durch Firstennägel (Fig. 118b), deren Kopf schräg für die Schnur durchbohrt ist.

Der in Fig. 118 a dargestelllte Krampen kann gleich zum Einhängen der Hängelatte beim Nivellieren dienen. (Vergl. § 86.) Auch Firstennägel mit Haken sind im Gebrauch. Diese Krampen bez. Nägel werden in

die Firstenzimmerung geschlagen, oder in Pflöcke, die bei festem Gestein und bei Mauerung in vorher gebohrte Löcher eingetrieben waren. Bei weniger festem Hangenden, z. B. in Steinkohlengruben müssen diese Löcher sehr tief gebohrt werden. Bei eisernem Streckenausbau kerbt man die scharfe Kante eines geeignet liegenden Eisenbogens mittels einer Bohrerschneide so ein, daß die Lotschnur in diese Vertiefung eingelegt werden kann.

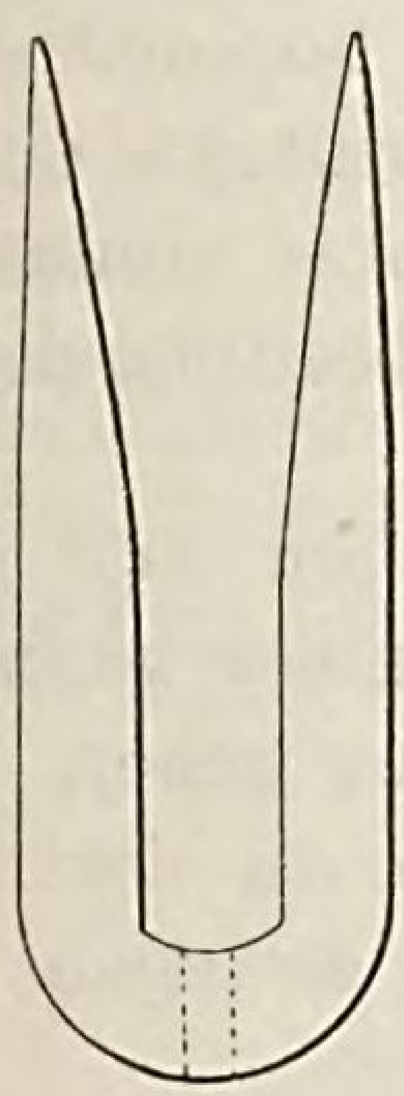


Fig. 118a. Krampen.

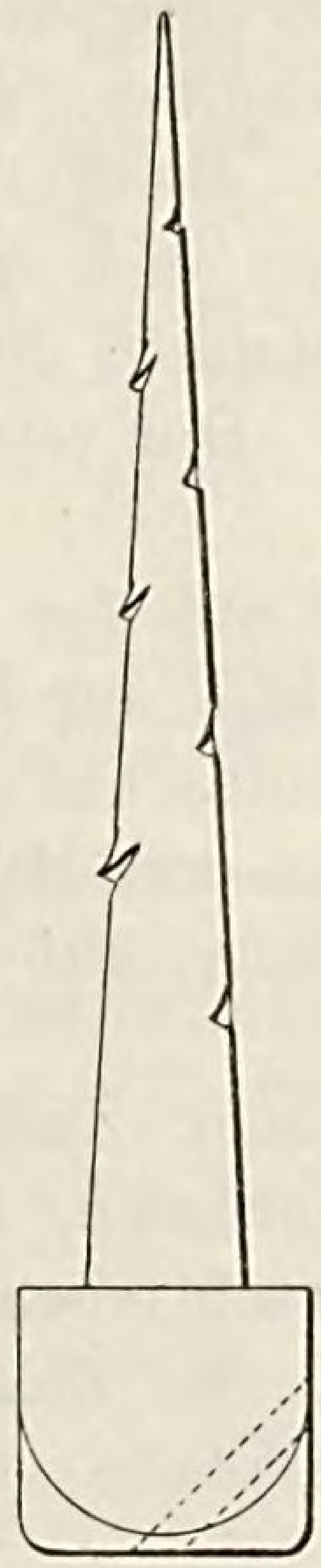


Fig. 118b. Firstennagel.

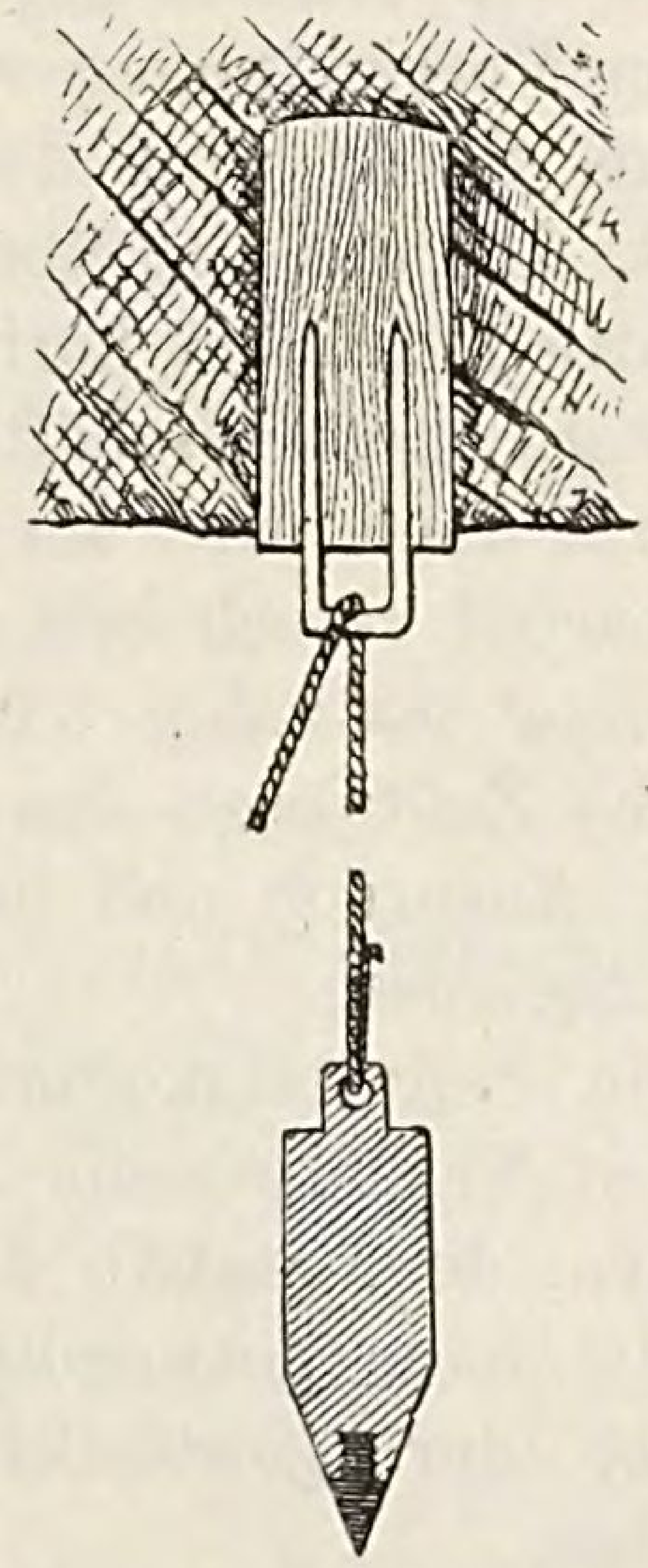


Fig. 119. Zentrierlot.

Zum Zentrieren dient ein Lot (Fig. 119) dessen Spitze stets in die Achse des durch das kleine Loch der erwähnten Krampen gezogene Lotschnur fallen und in die Zentriermarke auf dem Theodoliten einspielen muß. (Vergl. Fig. 86 Seite 64.)

Unter einer Zentriermarke versteht man ein Zeichen am Theodoliten, das genau in der Verlängerung der Hauptdrehachse des Instrumentes sich befindet. Man bringt es entweder am Fernrohre an und zwar, wenn darauf eine Libelle befestigt ist, an der entgegengesetzten Seite, oder man benutzt ein besonderes Zentrierbänkchen, das mit Gabelfüßen auf die Kippachse gesteckt wird und in der Mitte eine verstellbare Marke hat. Die beste Form der Zentriermarke ist eine Spitze, weil man hierbei das Einspielen der Lotspitze sehr scharf und von einem Standpunkte aus beobachten kann, während man bei einer durch einen Punkt gebildeten Zentriermarke in zwei rechtwinkelig zu einander stehenden Richtungen beobachten muß. Die Prüfung der richtigen Stellung der Zentriermarke geschieht folgendermaßen. Man stellt den Theodoliten genau horizontal

und unter einem Lote so auf, daß die Lotspitze auf die Marke einspielt. Dann dreht man den Theodoliten langsam um seine Hauptachse und überzeugt sich ob hierbei Lotspitze und Marke in einer Vertikalen bleiben. Geschieht das nicht, so beschreibt die (falsch stehende) Marke einen kleinen Kreis, dessen Mittelpunkt die richtige Stelle für die Zentriermarke ist. Wenn die Marke am Fernrohre angebracht ist, so muß bei der Prüfung das Fernrohr genau horizontal gestellt sein.

Gestatten die Verhältnisse in der Grube die Anwendung eines Statives zur Aufstellung des Theodoliten, so zieht man dasselbe allen anderen Vorrichtungen vor.

Das Stativ wird derartig unter dem fixierten Polygonpunkte aufgestellt, daß das Lot über der Lochmitte der Kopfplatte spielt und daß die Platte möglichst horizontal ist. Die verstellbaren Beine des Statives erleichtern dies Geschäft sehr.

Erst dann wird der Theodolit auf das Stativ gestellt und so lange abwechselnd verschoben und mit Hilfe der Dosenlibelle horizontiert, bis die Spitze des ruhig hängenden Lotes auf die Zentriermarke einspielt.

Das Zentrieren des Theodoliten mit Hilfe eines Lotes nimmt wenig Zeit in Anspruch und liefert in Bezug auf die Winkelbestimmung stets gute Ergebnisse.

Die Schwierigkeiten vorstehender Zentrierung liegen nur in den örtlichen Verhältnissen der Grubenräume, die nicht immer ganz leicht gestatten, dem Stative die oben beschriebene Stellung zu geben, welche aber durchaus notwendig ist, weil die Zentralschraube in der Durchbohrung der gewöhnlichen Stativplatte nur einen geringen Spielraum hat.

Sind die Grubenräume für die Benutzung des Statives gar nicht geeignet, so sind eiserne Arme (siehe S. 49 Fig. 64 a u. b, S. 64 Fig. 86, S. 71 Fig. 94) oder Spreizen anzuwenden.

Die eisernen Arme werden in die Zimmerung oder in senkrechte Stempel eingeschraubt und gestatten dem Markscheider eine freiere Bewegung als das Stativ oder die Spreize. Die Schwierigkeit, die Standplatte des Armes möglichst zentrisch unter einen gegebenen Fixpunkt zu bringen, ist aber weit größer, als bei dem Stativ. Das Aussuchen der Winkelpunkte ist mit großer Umsicht vorzunehmen, wobei am besten erst der Arm eingeschraubt und dann der Winkelpunkt fixiert wird.

§ 54. **Die Zentriervorrichtungen.** Zur Beseitigung der obengenannten Schwierigkeiten bei der Zentrierung hat man die Teller der Stative und Arme mit Zentriervorrichtungen versehen, welche die Verschiebung des Theodoliten behufs seiner Zentrierung innerhalb eines größeren Kreises gestatten, als die gewöhnliche Durchbohrung des Stativtellers.

Professor CHRISMAR in Schemnitz beschreibt in der B.- u. Hüttenm. Zeit. 1880 Nr. 20 eine Zentriervorrichtung, die sehr weit gehenden Ansprüchen genügt, aber leider, da auch ein besonderes Stativ dazu gehört, sehr kostspielig ist und durch sein Gewicht den Gebrauch sehr erschwert.

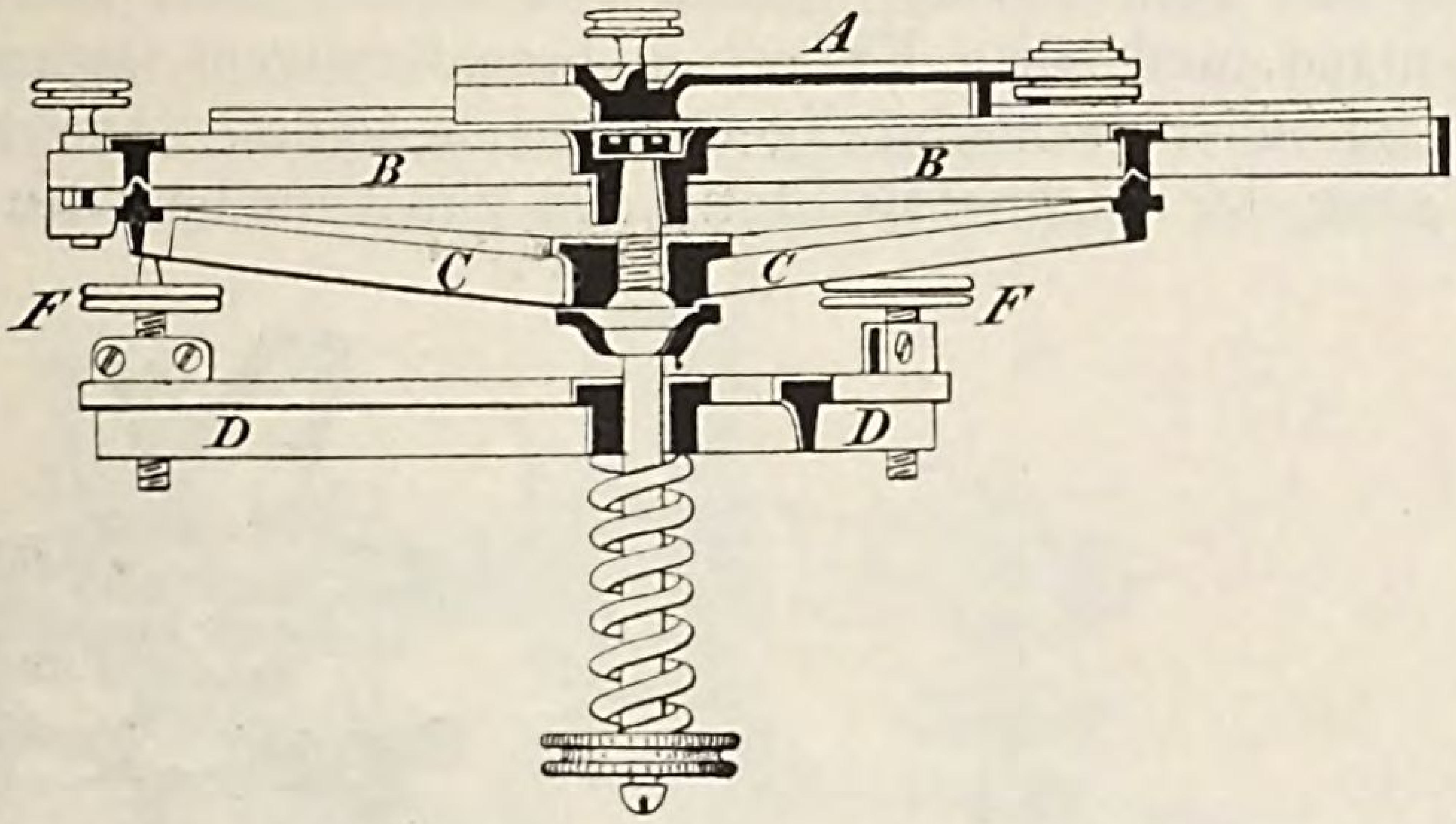


Fig. 120 a. Zentriervorrichtung von CHRISMAR.

Die CHRISMARsche Zentriervorrichtung besteht aus der Drehscheibe *CC*, der Schiebebrücke *BB* und der Standplatte *A* (Fig. 120 a u. b).

Die Standplatte ist mit einer Zentriermarke und mit Körnerpunkten

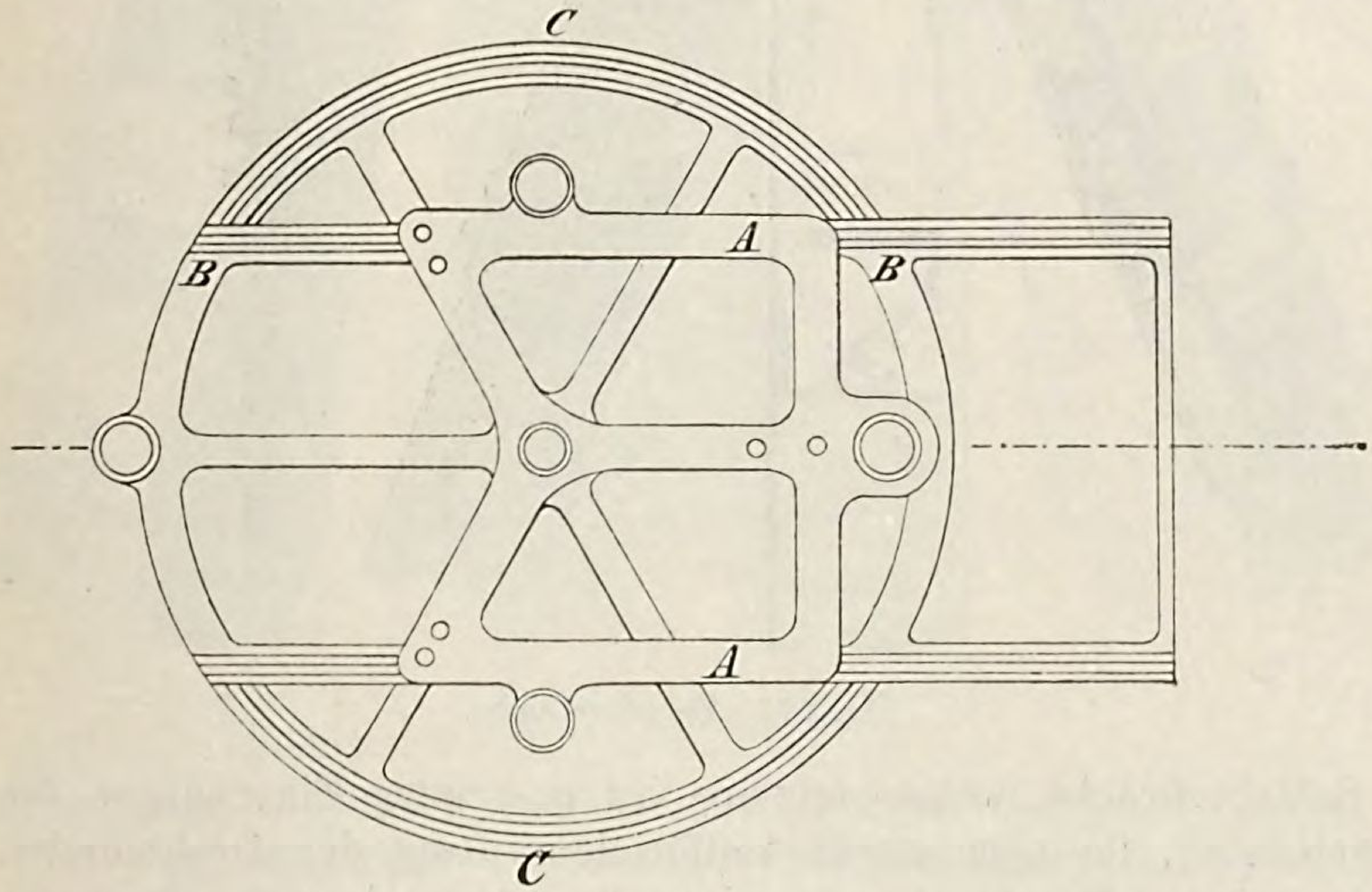


Fig. 120 b. Zentriervorrichtung von CHRISMAR.

für die Spitzen der Fußschrauben des Theodoliten versehen. Die Standplatte ist auf keilförmigen Schienen der Schieberbrücke verschiebbar und mittels Druckschrauben festzuklemmen, außerdem mit einer Dosenlibelle versehen.

Die Drehscheibe kann durch eine Zentralschraube mit Spirale an die Stativkopfplatte *DD* fest angepreßt und durch die Schrauben *FF* horizontal gestellt werden.

Diese Schrauben *FF* gehen durch Kugelmuttern, die in der Figur nicht sichtbar sind, da die sie umfassenden Platten sie verdecken. Die Drehscheibe hat sechs Arme, welche sich etwas nach unten in einer Nabe vereinigen, und einen Kranz von kreuzförmigem Querschnitt, der nach oben in einer rechtwinkeligen Schneide endet. Die Nabe dient zur Befestigung der Scheibe am Stativ und zur Aufnahme der Drehachse

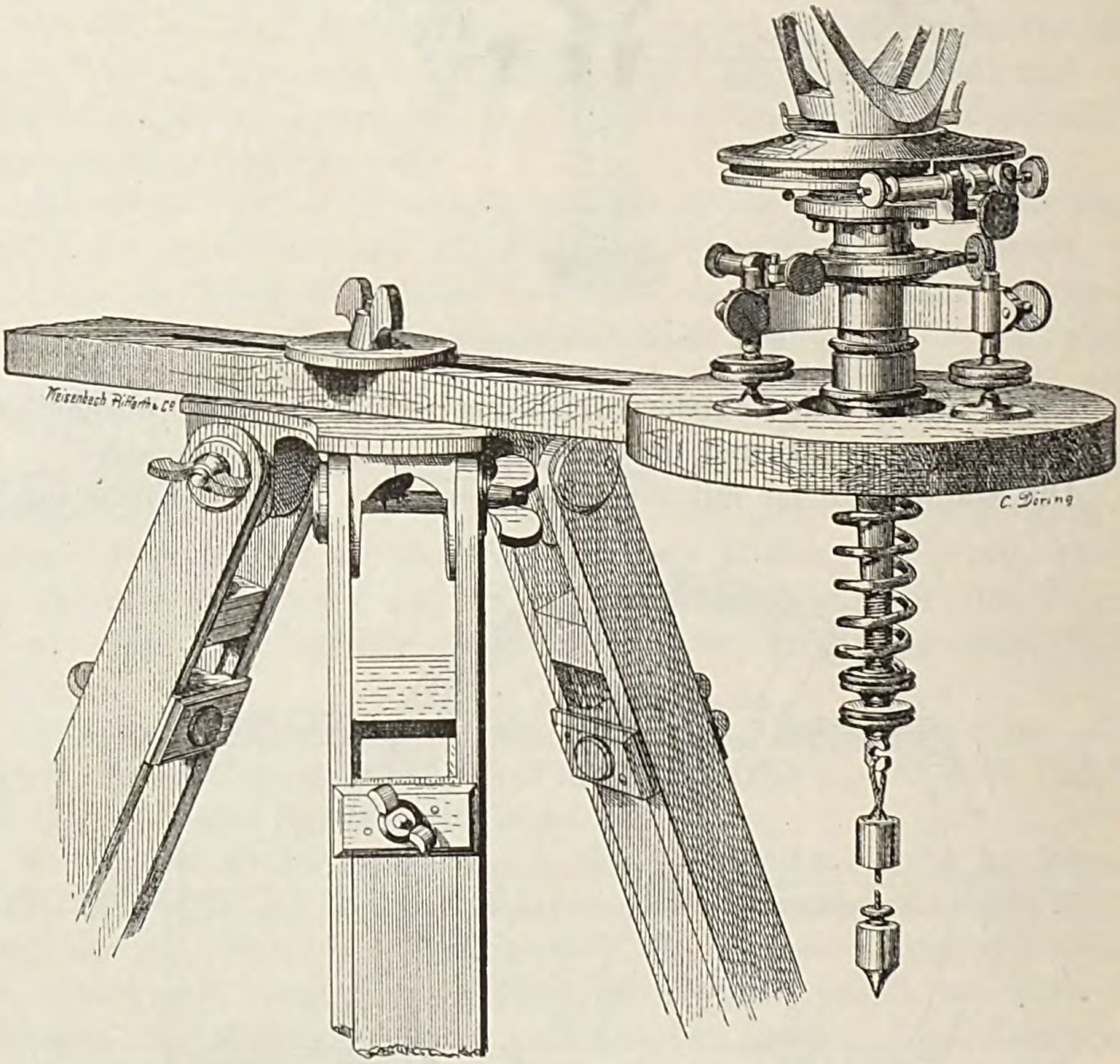


Fig. 121. Zentrierscheibe.

der Schieberbrücke, welche letztere mit passenden Einschnitten für den eingreifenden, im Querschnitt keilförmigen Ring der Drehscheibe verbunden sind. Durch die vereinigte Bewegung der zu verschiebenden Standplatte und der zu drehenden Schieberbrücke läßt sich der Mittelpunkt der Standplatte innerhalb eines Kreises von 30 cm Durchmesser unter die Lotspitze stellen. Werden die Spitzen der Fußschrauben in die Körner der Standplatte gesetzt, so ist der Theodolit zentriert.

Die in Fig. 121 dargestellte von Breithaupt in Kassel vorgeschlagene

Zentrierscheibe ist als ein praktischer Notbehelf zu bezeichnen. Ein in der Mitte durchbohrter Holzteller mit geschlitztem Arm kann mittels Spindel und Flügelmutter auf dem Stativkopfe wie die Fig. 121 zeigt in den verschiedensten Stellungen befestigt werden.

Das Zentrierstativ von Breithaupt (Fig. 122). Die Stativplatte hat ein außergewöhnlich großes Mittelloch. Auf dem Stativteller liegt eine dreiflügelige Standplatte, die in der Mitte durchbohrt und mit Näpfen versehen ist, welche genau den Unterlegescheiben des gebrauchten Theodoliten entsprechen. Auf der Spiralschraube liegt ebenfalls eine drei-

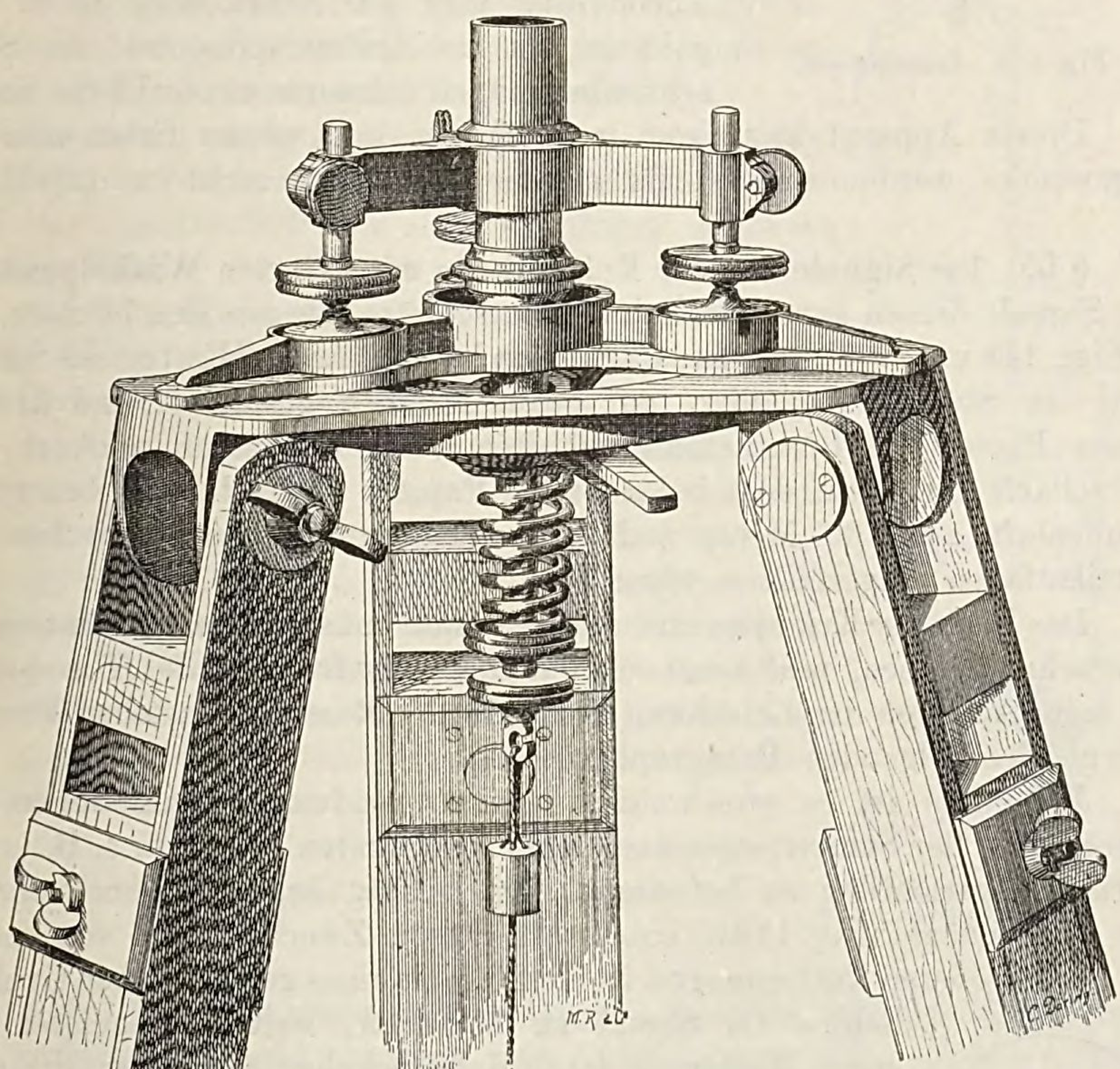


Fig. 122. Zentrierstativ.

flügelige Platte, die durch Anziehen der Preßschraube unten gegen den Stativteller gepreßt wird. Die weite Durchbohrung der Stativplatte und die schlanke Form der dreiflügeligen Unterplatte gestatten eine sehr weitgehende Verschiebung des Theodoliten.

Ein sehr einfacher Zentrierapparat ist die in Fig. 123 dargestellte runde Holzplatte, die mittels Spindel und Flügelmutter an jede Kopfplatte angeschraubt werden kann. Der Winkelpunkt wird aus der Firste auf die mit mehreren Lagen Papier überklebte Holzplatte herabgelotet

und durch einen Nadelstich bezeichnet. Mit Hilfe einer Zentrierspitze (Fig. 113 § 52) wird der Theodolit genau zentrisch über den Nadelstich gestellt, nachdem die Stellschrauben des Dreifußes in eine solche Lage gebracht sind, daß beim Aufsetzen die Zentrierspitze die Oberfläche des Brettes nahezu berührt. Die Stellschrauben des Dreifußes müssen in Spitzen endigen, welche in die Papierlagen des Brettes fest eingedrückt werden. Durch die nachträgliche Horizontierung des Theodoliten wird die Zentrierung nicht aufgehoben, da die Zentrierspitze und die Stellschraubenspitzen nahezu in einer Ebene liegen.

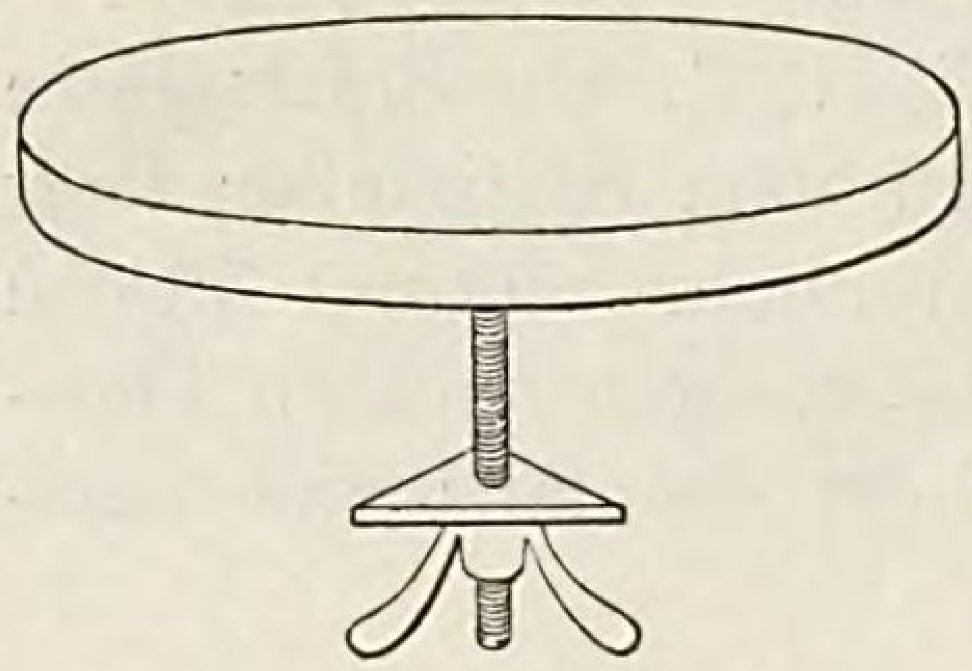


Fig. 123. Zentrierbrett.

Dieser Apparat kann nur in trockenen und weiten Grubenräumen angewendet werden und ist für genaue Messungen nicht zu empfehlen.

§ 55. **Die Signale bei der Meßmethode mit fixierten Winkelpunkten.** Als Signale dienen ausschließlich die Lotschnüre, die aus den Löchern der in Figg. 118 u. 119 dargestellten Krampen herabhängen. Hinter die Schnur wird ein Stück Pauspapier, auf einen Rahmen gespannt, und hinter dieses Papier die Lichtflamme gehalten. Die Lotschnur zeichnet sich als scharfe Linie auf dem beleuchteten Papiere ab und kann bei reiner Grubenluft auf 100 Meter und mehr Entfernung scharf zwischen die Vertikalfäden eingestellt werden.

Das Loch der Krampen und die Lotschnur müssen übereinstimmenden Querschnitt haben, weil sonst sowohl in der Aufstellung des Theodoliten als beim Anzielen der Lotschnur Fehler in der Messung entstehen können. (Vergl. den folgenden Paragraph.)

Jedenfalls ist es zweckmäßig, bei Anwendung von Krampen das obere Ende der Schnur stets nach einer bestimmten Seite hin z. B. in der Vermessungsrichtung zu befestigen. Die schräg liegende Durchbohrung der Firstennägel (Fig. 118b) entspricht diesem Zwecke schon von selbst.

Bei größeren Entfernungen ist die Flamme eines gewöhnlichen Grubenlichtes als Signal zu benutzen, welche eingelotet und gegen Wetterzug durch Holzstückchen, Glas oder Glimmerblättchen geschützt werden.

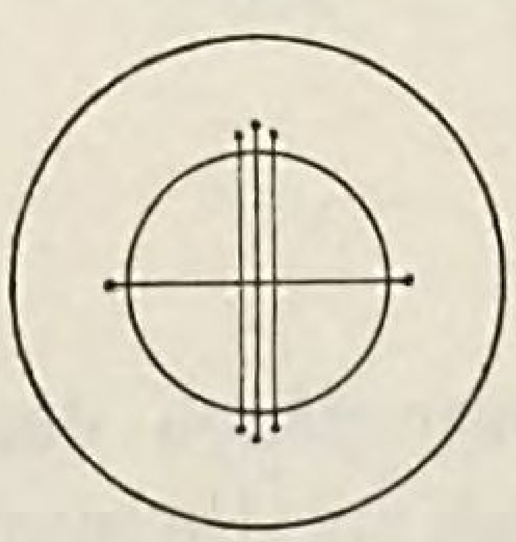


Fig. 124. Fadenkreuz mit drei Vertikalfäden.

Bei kurzen Winkelschenkeln erscheint das Bild der Schnur so breit, daß die beiden Vertikalfäden des Fadenkreuzes gedeckt werden. Für diese Fälle führt man ein zweites Lot mit, in dessen Schnur ein Zwirnsfaden eingeschaltet ist.

Professor Ziegelheim behandelt diesen Fall ausführlich in der Österr. Zeitschr. Jahrgang 1886 Nr. 31 ff. und schlägt ein Fadenkreuz mit drei parallelen Vertikalfäden für Markscheidertheodoliten vor (Fig. 124). Die beiden äußeren Fäden werden bei

den normalen Entfernungen, der mittlere Faden wird bei kurzen Entfernungen benutzt. Zu diesem Zwecke wird die Schnur vorn von beiden Seiten durch zwei Grubenlichter beleuchtet, wodurch sich die Schnur scharf gegen den tiefschwarzen Hintergrund abhebt und der Mittelfaden genau auf die Mitte der genügend erhellten Schnur eingestellt werden kann.

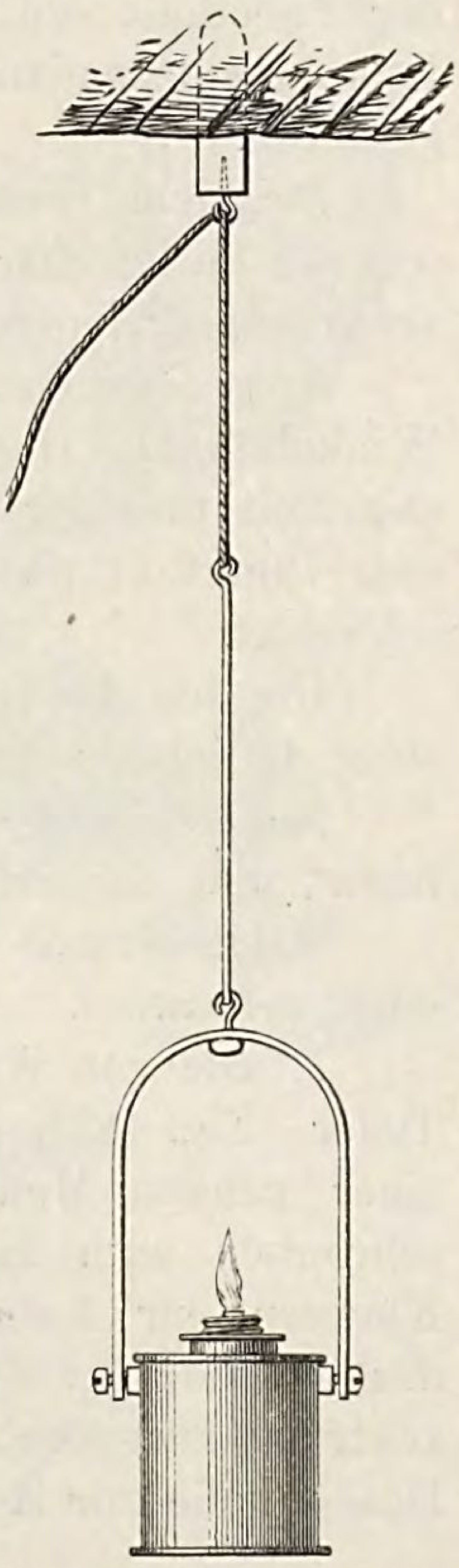
Auch bei dem Anzielen einer weit entfernten Lichtflamme leistet der Mittelfaden gute Dienste.

Weissbach wandte Hängelampen (Fig. 125) an, bei denen infolge ihrer Einrichtung die Flamme sogleich zentrisch unter dem Winkelpunkte ist.

Sie haben wenig Anklang gefunden, da sie schon bei mäßigem Wetterzuge pendeln und die freie Flamme sich nur umständlich vor dem unruhigen Flackern schützen läßt.

Bei dem Messen in schlagenden Wettern bleibt nichts weiter übrig, als die Sicherheitslampe nach Art der obengenannten Hängelampen zu benutzen. Die sonstige Konstruktion der Sicherheitslampen erleichtert das Anbringen einer Vorrichtung zum zentrischen Aufhängen, nur muß ein Gelenkwirbel damit verbunden sein, der ein Drehen der Lampe um die Längsachse gestattet, wenn einer der den Glaszylinder umgebenden Stäbe das Licht verdeckt. Das Licht der Sicherheitslampe brennt sehr gleichmäßig, und bietet ein gutes Ziel, während die Lampe infolge ihrer Schwere ruhig hängt.

Auf genau horizontaler Unterlage kann diese Lampe auch aufgestellt und eingelotet werden.


Fig. 125. Weissbachs Hängelampen.

§ 56. Die Meßmethode mit verlorenen Punkten. Bei der Meßmethode mit verlorenen Punkten beruht das Aufstellungs- und Zentrierverfahren auf der Anwendung von Untersätzen, die ebenfalls teils auf Stativen, teils auf Armen und Spreizen aufgestellt werden.

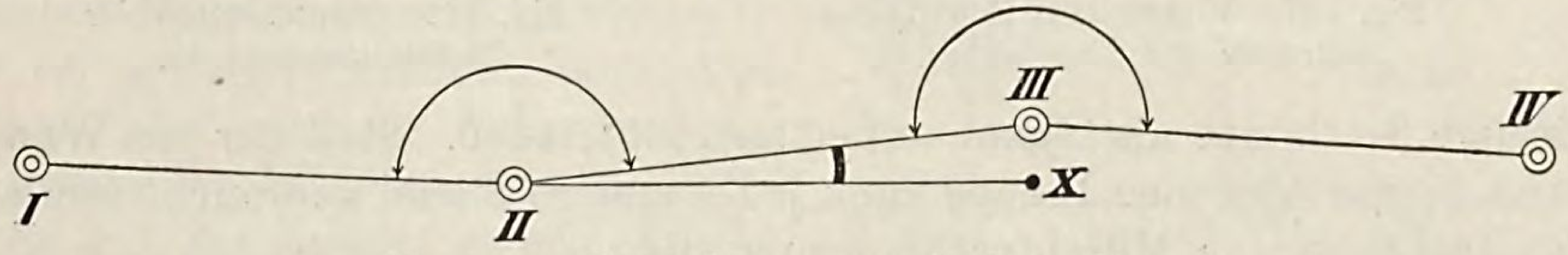


Fig. 126. Theodolitmessung mit Untersätzen.

Während einer Messung sind mindestens drei Untersätze (I, II, III, Fig. 126) erforderlich, von denen der mittlere Nr. II den Theodoliten,

die beiden anderen Nr. I und III die Signale tragen. Nachdem der Winkel I II III gemessen ist, wird der auf I stehende Untersatz mit dem Signal zur Herstellung des nächsten Winkelpunktes nach Nr. IV, der Theodolit von II nach III und das auf III befindliche Signal nach II gebracht, sodann wird der Winkel II III IV gemessen und so fortgefahren.

Bei dem Wechsel von Theodolit und Signal auf den Untersätzen, soll die Mittelachse des Signals mit dem Zielpunkte genau die Lage der senkrechten Zentralachse des Theodoliten einnehmen.

Angenommen es wäre auf dem Punkte Nr. III bei dem Messen des Winkels I II III statt des Punktes III das falsch aufgestellte Signal x angezielt und der Theodolit danach im Punkt III aufgestellt, so würde vom Punkt II ab der ganze Polygonzug um den Winkel III II x verschwenkt.

Um den Anschluß späterer Messungen zu ermöglichen, müssen wenigstens die letzten Winkelpunkte in die Firste übertragen und fixiert werden.

Am leichtesten wird dies so geschehen, daß man erst die Punkte fixiert und danach die Untersätze zentriert.

Nachstehende Formen der Untersätze sind gebraucht oder werden noch gebraucht.

1. Die von WEISSBACH vorgeschlagenen Teller (Fig. 127). Ein solcher besteht aus einer runden Metallscheibe mit drei Fußschrauben zum Horizontalstellen und drei Körnern zur Aufnahme der Fußschrauben des Theodoliten. Die Scheibe ist in der Mitte zentrisch ausgedreht, um je nach Bedarf eine Dosenlibelle zum Horizontieren oder eine dom-

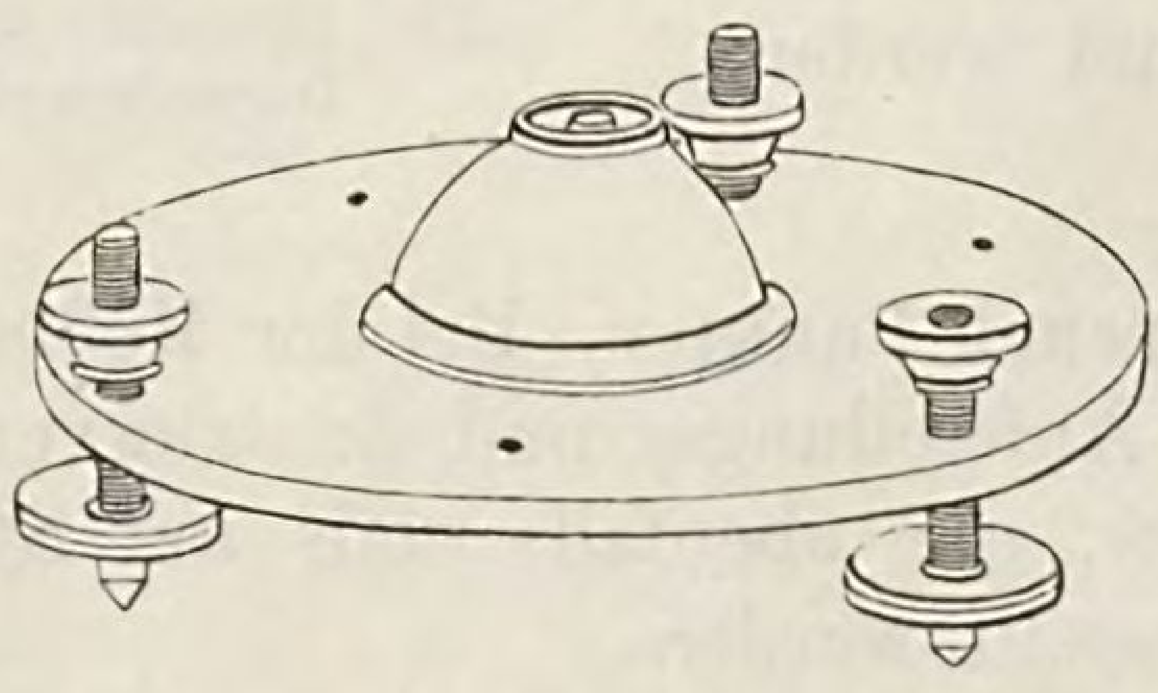
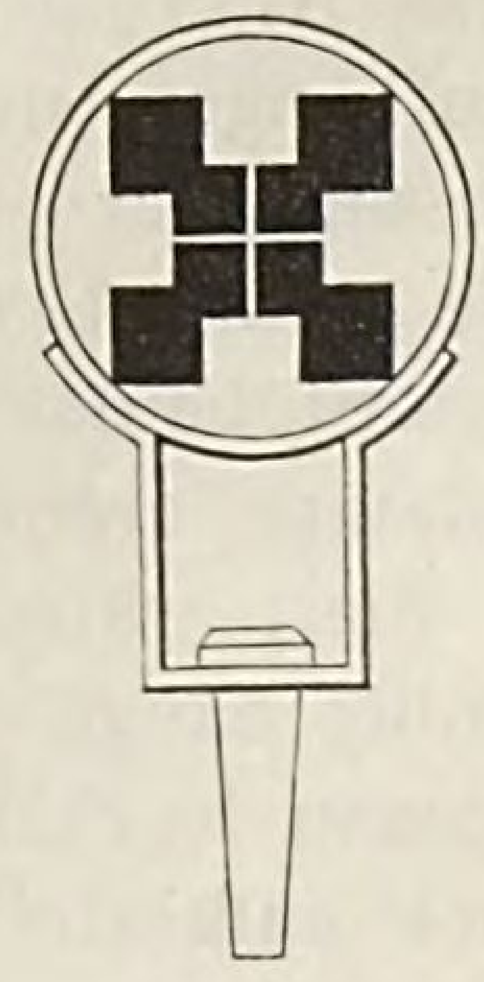


Fig. 127. WEISSBACHscher Telleruntersatz für Theodoliten.



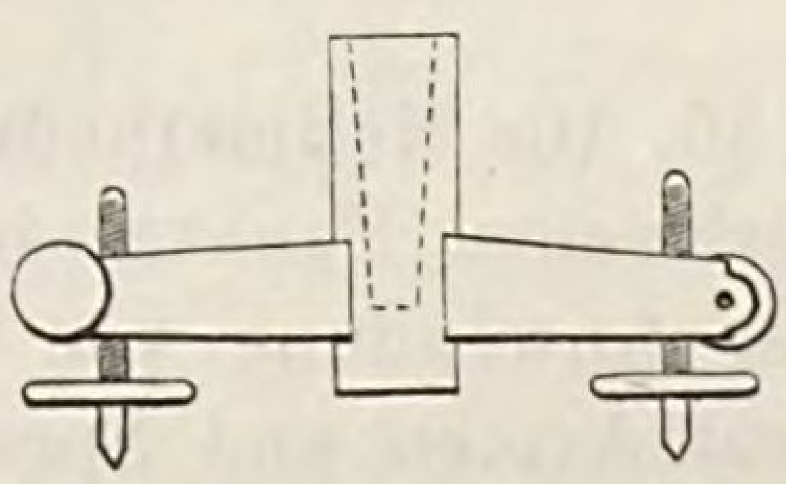


Fig. 128. Zapfensignal für Theodolitmessungen.

förmige Setzlampe als Signal aufnehmen zu können. Statt der von WEISSBACH vorgeschlagenen Lampe kann jedes andere Signal gebraucht werden, das zentrisch zur Mitteldurchbohrung steht.

2. Der gewöhnliche Dreifuß. Der Achsenzapfen des Theodoliten ist gleich dem der Signale, so daß jeder Dreifuß-Untersatz beide abwechselnd aufnehmen kann.

Theodoliten, die zum Messen mit Dreifuß-Untersätzen gebraucht werden, haben eine Steckhülseneinrichtung d. h. die Limbusachse ist mit einem Mantel umgeben, der beim Herausnehmen des Theodoliten aus dem Dreifuß herausgezogen und beim Winkelmessen mit einer Klemmschraube festgeklemmt wird.

Die Signale sind ebenfalls mit Libellen zum Horizontalstellen ausgerüstet (Fig. 128) der Zielpunkt liegt in gleicher Höhe mit der Kippachse. Zu jedem Dreifuß-Untersatz gehört ein Stativ, deren sind also drei erforderlich.

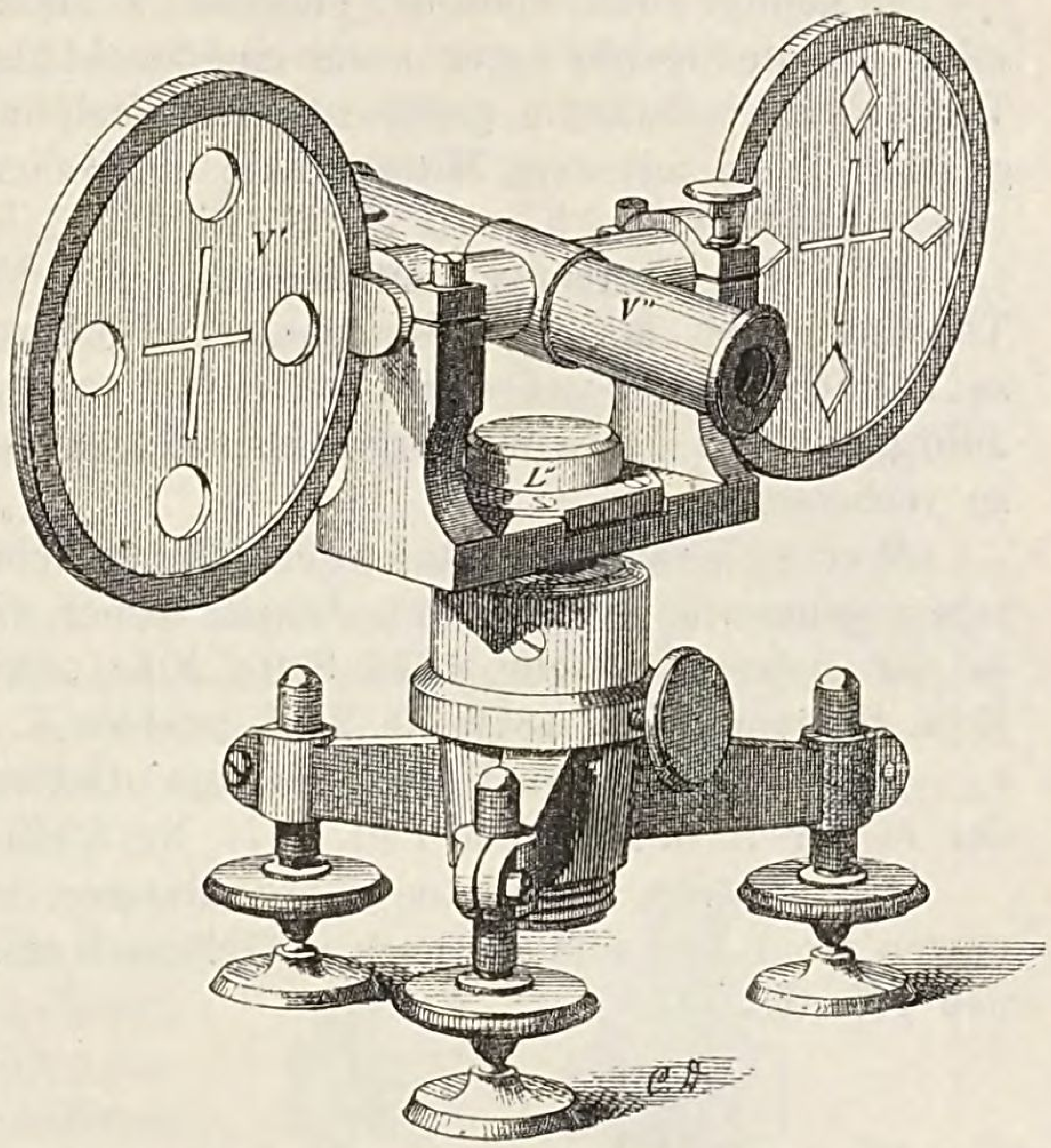


Fig. 129. Doppelsignal.

Ist der Theodolit exzentrisch, so finden häufig die in Fig. 129 dargestellten Doppelsignale Anwendung. Die Exzentrizität der beiden Signale entspricht der des Theodolit-Fernrohres und mit Hilfe des kleinen Diopterrohres können die Flächen der Signale rechtwinkelig zur Ziellinie gestellt werden.

3. Das Kugelgelenk oder die Nußvorrichtung.

Das Kugelgelenk findet man nur an älteren Instrumenten; jetzt werden höchstens kleine Theodoliten, aber auch nur selten damit versehen.

Die Vorrichtung ist in § 25 beschrieben. Man kann entweder drei solcher Kugelgelenke anwenden oder es ist nur der Theodolit damit versehen. Im ersteren Falle besitzen, wie beim Dreifuß-Untersatz, der Theodolit und die Signale gleiche Zapfen und die Signale sind mit Dosenlibellen versehen. Die Kugelgelenke werden mit ihren Steckhülsen auf

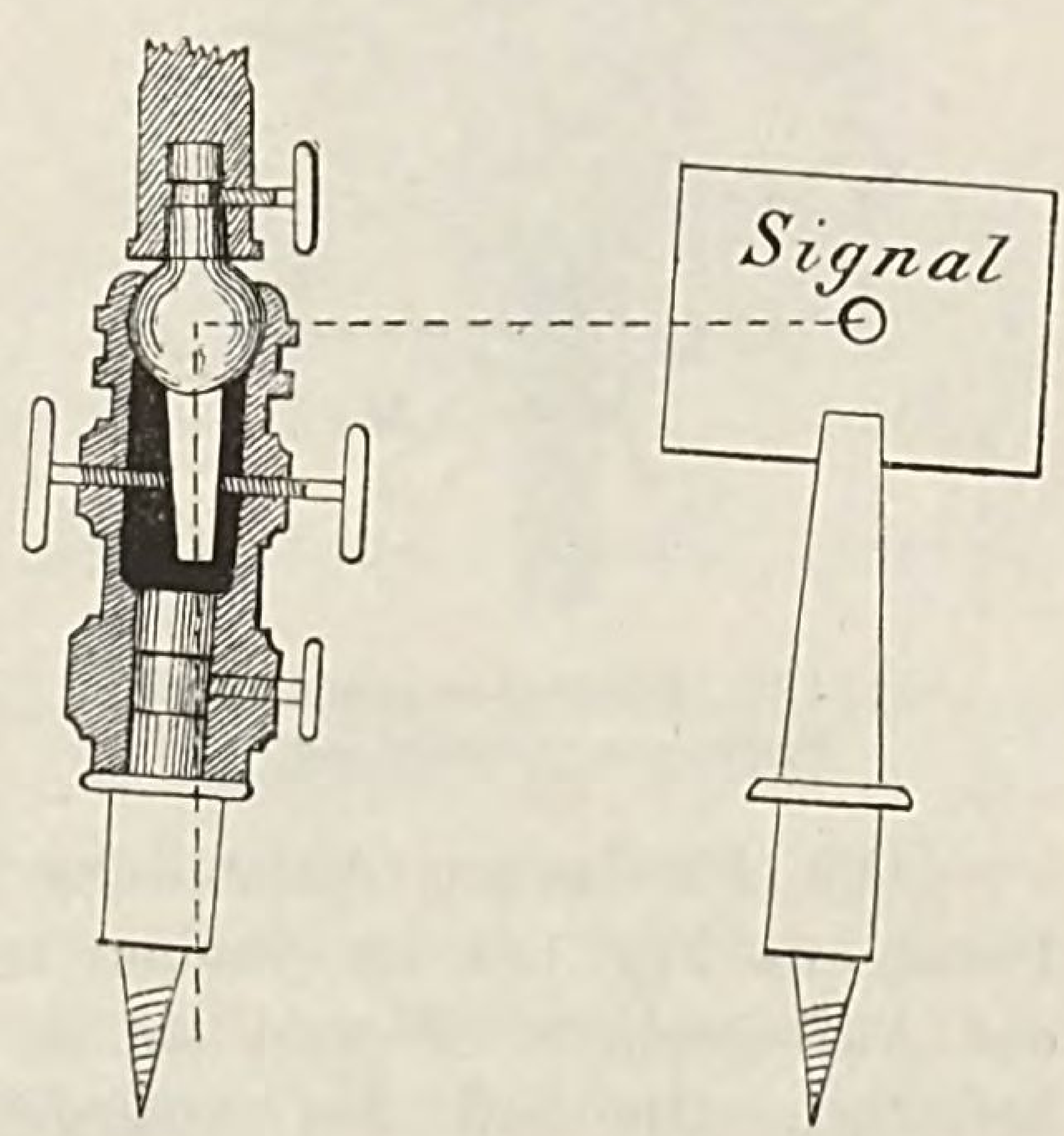


Fig. 130. Aufstellung des Theodoliten mit Kugelgelenk.

Zapfenstative oder auf Spreizenschrauben mit konischem Kopf aufgesteckt.

Es genügt auch, wenn der Theodolit allein mit einem Kugelgelenk versehen ist, die Signale dagegen nur eine Steckhülse besitzen, welche der des Theodoliten vollständig gleich ist. Der Zielpunkt der Signale muß nur in gleicher Höhe mit dem Mittelpunkte der Gelenkkugel sein (Fig. 130).

§ 57. **Die Freiberger Aufstellung.** Die Freiberger Aufstellung des Theodoliten ist als der gelungene Abschluß von mehrfachen Versuchen zu betrachten, die von dem Professor Junge in der B.- u. Hüttenm. Zeit. Jahrgang 1861 Seite 62 vorgeschlagene Aufstellung seines Goniometers zu verbessern.

Wer sich für diese stufenweise Entwickelung interessiert, möge den schon genannten Aufsatz von Junge, ferner die Abhandlung von Goder in der österr. Zeitschr. 1877 Seite 201, sowie die von Otto in der B. u. Hüttenm. Zeit. 1879 Nr. 27 ff. nachlesen.

Hierher gehört auch der Eichhoff-Osterlandsche Patenttheodolit, der in der B. u. Hüttenm. Zeit. 1871 Nr. 39 ff. beschrieben ist.

Alle in den genannten Abhandlungen beschriebenen Instrumente mögen wohl hier und da noch in Gebrauch sein, aber werden schwerlich neu gefertigt.

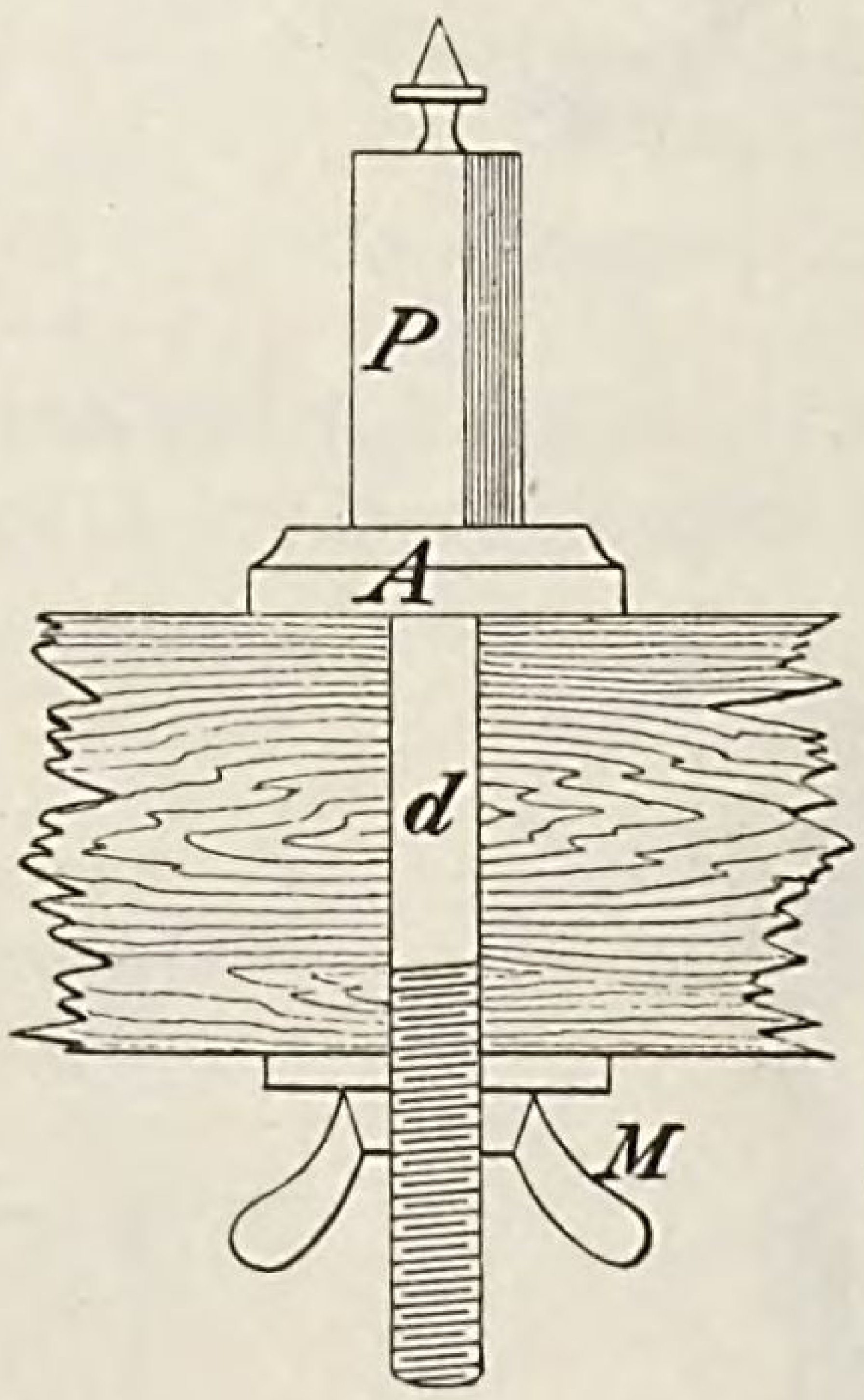


Fig. 131. Schraubenspindel der Freiberger Aufstellung.

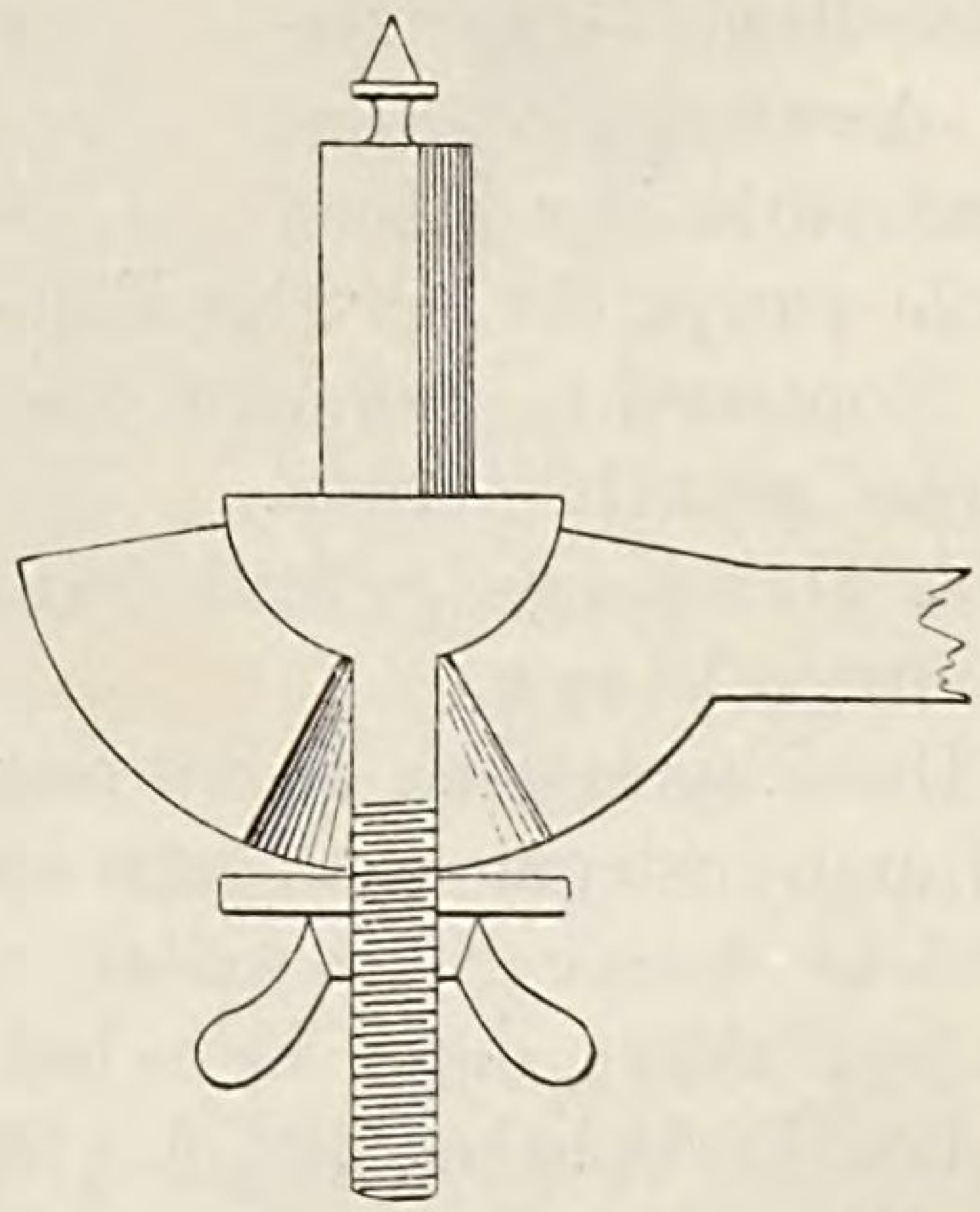


Fig. 132. Eiserner Arm zur Freiberger Aufstellung.

Die Freiberger Aufstellung wendet Schraubenspindeln an, deren Form aus Fig. 131 zu ersehen ist. Mit Hilfe der Flügelmutter *M* und der Auflegeplatte *A* wird sie in einer senkrecht durchbohrten Spreize befestigt. Oberhalb der Auflegeplatte sitzt ein dreiseitiges Prisma *P*, das oben in einer Spitze endigt, die in der gemeinschaftlichen Achse der Spindel *d* und des Prismas liegt. Dicht unter der Spitze ist eine

Hohlkehle zum Umschlingen der Schnur oder zum Einlegen des Meßbandringes angebracht.

Sollen bei der Freiberger Aufstellung Arme benutzt werden, so hat die Schraubenspindel eine andere dem Arme angepaßte Form (Fig. 132). Die Auflegeplatte ist kugelförmig abgedreht und liegt in einer ebenso geformten Höhlung. Das Loch für die Spindel erweitert sich unten zu einem breiten Spalt, so daß die Spindel in der Längsachse des Armes gekippt werden kann. Die senkrechte Stellung in der anderen Richtung wird durch Drehen des Armes herbeigeführt.

Ein anderer Arm gleicht dem in Fig. 86 dargestellten, nur ist auf seinem Teller eine Zentrierscheibe mit daraufsitzendem Prisma festklemmbar.

Auf das Prisma wird die dreiflügelige Standplatte (Fig. 133 zeigt sie von oben gesehen) aufgesetzt und mit einer Klemmschraube (in Fig. 134 sichtbar) festgepreßt. Aus der Mitte der Standplatte ragt ein kurzer hohler Zylinder *c* heraus, dessen Achse mit der Prismenachse zusammenfällt. Der Zylinder ist dazu bestimmt, das kugelförmige Ende *i* der Fußhülse des Theodoliten aufzunehmen, das mit Hilfe der Schraube *n* und einer Spirale sanft gegen die innere Wandung des Hohlzylinders gedrückt wird. Die Enden der mit Rippen verstärkten Arme tragen Fußplättchen

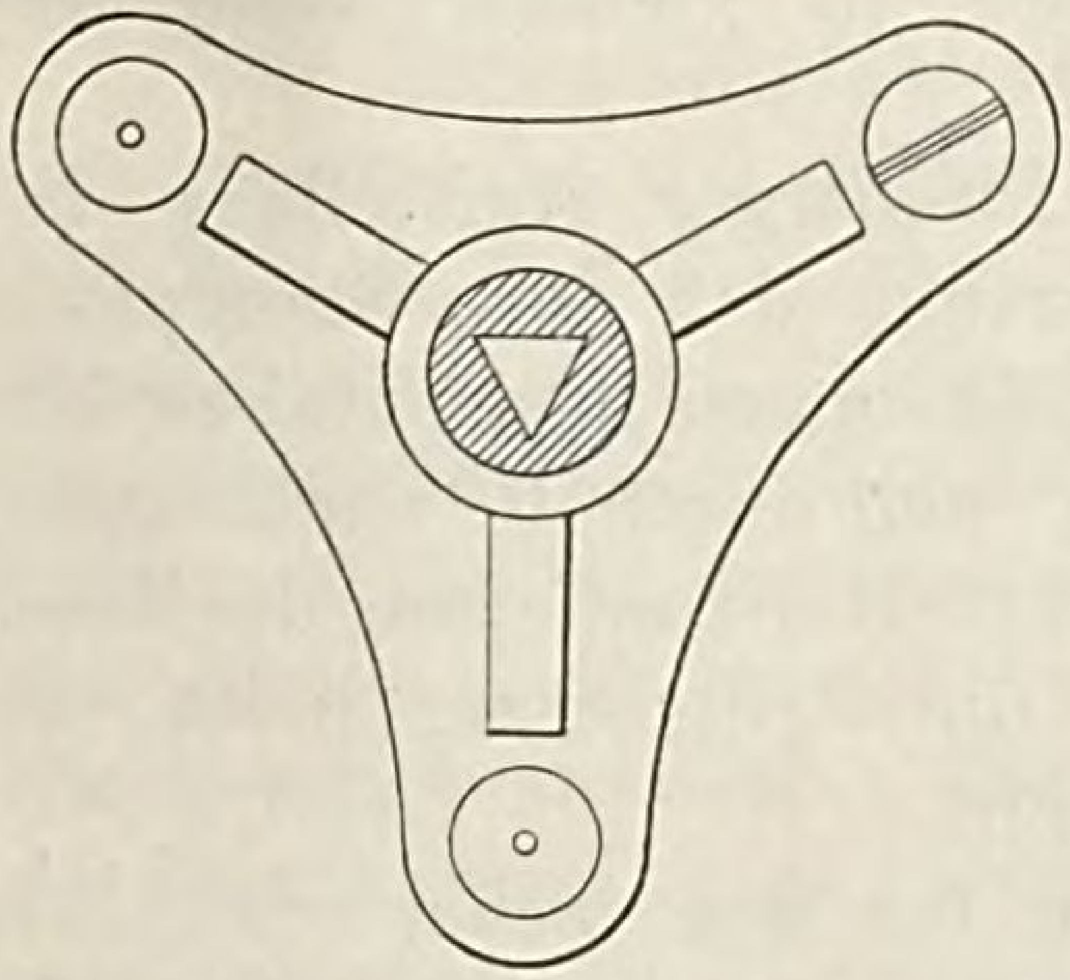


Fig. 133. Standplatte der Freiberger Aufstellung.

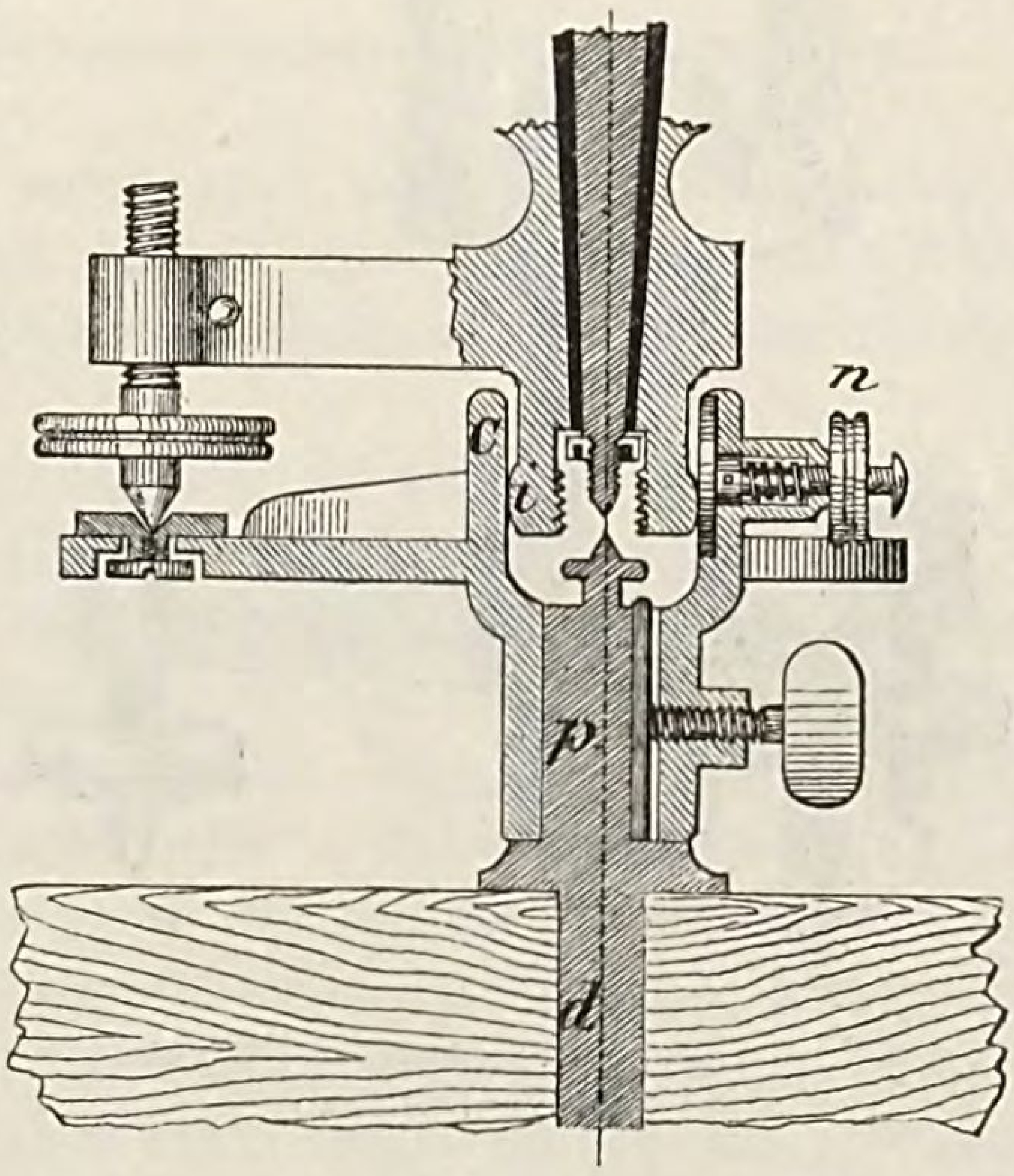


Fig. 134. Die Freiberger Theodolitaufstellung.

zur Aufnahme der Stellschraubenspitzen. Eins dieser Plättchen ist mit einer Rinne, die auf den Mittelpunkt des Hohlzylinders gerichtet ist, versehen und sitzt fest, während die beiden anderen kegelförmige Vertiefungen (Körner) haben und mit geringem Spielraum auf der Standplatte verschiebbar sind, ohne jedoch abfallen zu können. Nach vollendeter Aufstellung des Theodoliten werden die Plättchen am besten festgeschraubt.

Von den Fußschrauben des Theodoliten wird eine bis zu einer gewissen durch ein einschiebbares Zwischenstück bedingten Stelle eingeschraubt,

so daß dieser Arm bei der Horizontierung immer in gleicher Höhe über der Standplatte bleibt.

Der Dreifuß der Signale (Fig. 135) hat nur zwei Stellschrauben, am dritten Arme ist ein festes Bein so angebracht, daß dieser Arm bei der Horizontierung immer in gleicher Höhe über der Standplatte bleibt, wie der des Theodoliten, dessen entsprechende Fußschraube durch das Zwischenstück gehemmt ist.

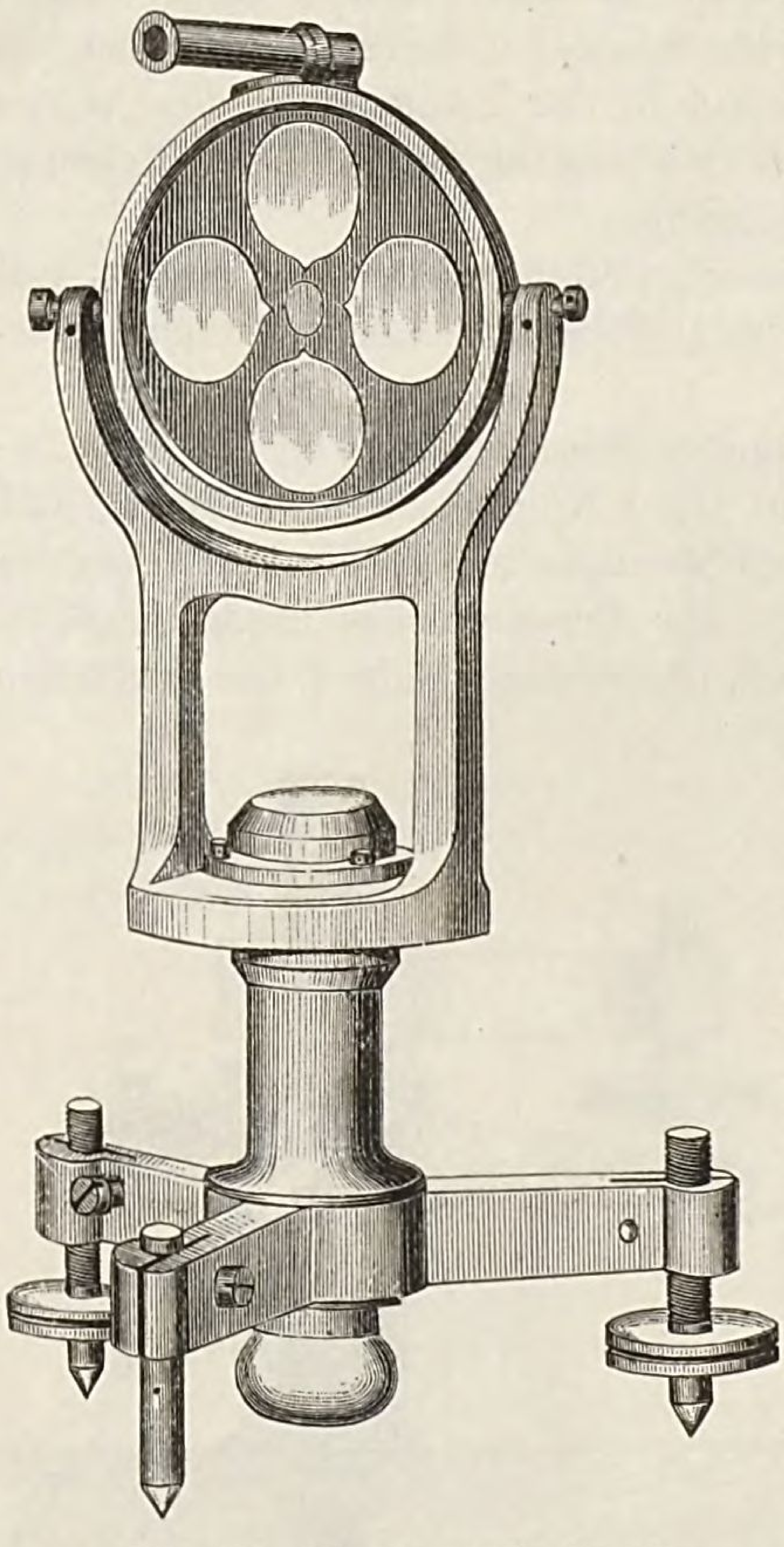


Fig. 135. Signal zur Freiberger Theodolitaufstellung.

Beim Aufsetzen des Theodoliten und der Signale ist darauf zu achten, daß nur die gehemmte Fußschraube, bezw. das feste Bein in das festsitzende mit einer Rinne versehene Scheibchen der Standplatte kommt.

Die Horizontierung erfolgt beim Theodolit und bei den Signalen nur mittels zweier Stellschrauben.

Durch die beschriebene Vorrichtung wird erreicht, daß der Zielpunkt der Signale und die Drehachse des Fernrohres nach erfolgtem Wechsel von Signal und Theodolit sich stets in gleicher Höhe befinden.

Die Freiberger Aufstellung hat den Vorzug, daß ihre Standplatte nicht vollkommen horizontal zu sein braucht, weil durch die nachträglich ausgeführte Horizontierung des Theodoliten die Zentrierung nicht verloren geht.

Wenn bei den bisher erwähnten Standplatten, wie sie bei den Zentriervorrichtungen oder Untersätzen vorkommen, die Lage der Körner gegen den Zentrierpunkt eine solche sein soll, daß mit dem Einsetzen der Fußschraubenspitzen der Theodolit auch zentriert ist, so muß vor dem Aufsetzen des Theodoliten die Standplatte horizontal gestellt werden. Durch eine nachträgliche Horizontierung des Theodoliten auf schiefer Standplatte würde nämlich eine Horizontalverschiebung sowohl der Mittelachse als auch der einen Stellenschraubenspitse herbeigeführt werden, wie Fig. 136 in übertriebenen Verhältnissen zeigt.

Bei der Freiberger Aufstellung dagegen wird der Theodolit in der Mitte durch den im Hohlzylinder steckenden Wulst festgehalten und bei

der Horizontierung des Theodoliten werden nur die Spitzen der Stellschrauben auf der schiefen Standplatte verschoben, was durch den Bewegungsspielraum der kleinen Scheiben ohne Schaden geschehen kann.

Außerdem ragt das Ende der Alhidadenachse so tief in den Hohlzylinder hinab, daß es nahe über der Spitze der Schraubenspindel sich befindet und da zugleich das Alhidadenachsenende nahezu in einer Ebene mit den Stellschraubenspitzen ist, so kann die Zentrierung durch die nachträgliche Horizontierung des Theodoliten nicht verloren gehen.

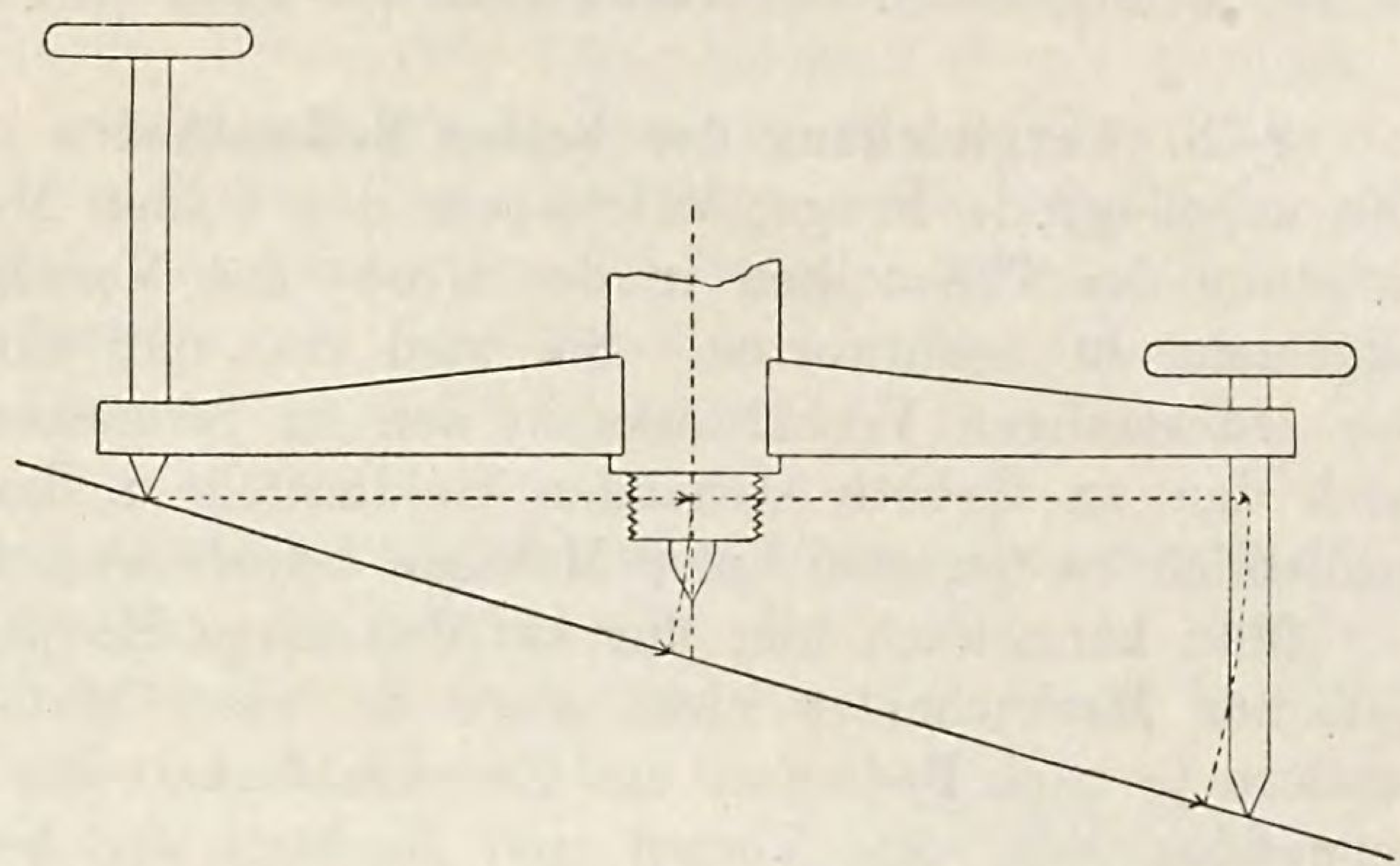


Fig. 136. Horizontalverschiebung beim Horizontieren.

Jeder gewöhnliche Theodolit kann leicht tauglich für die Aufstellung gemacht werden, wenn man auf das für die Zentralschraube bestimmte Gewinde einen Knopf mit kugelförmigem Wulst aufschraubt, und statt der Unterlegescheiben in die Fußschrauben Spitzen einsetzt.

Der Theodolit steht verhältnismäßig sicher auf der Standplatte, da der Kugelwulst tief genug in den Hohlzylinder hinabreicht.

Die in Fig. 135 ohne Leuchtzeug dargestellten etwas kostspieligen Signale sind nicht durchaus erforderlich, da für die Horizontalwinkelmessung die Spitze des Prismas und für die Vertikalwinkel der Rand unter der Spitze als Ziel dienen kann. Durch dahinter gehaltenes und von hinten beleuchtetes Pauspapier wird die Spitze auf weite Strecken hin deutlich sichtbar. Die Signale bieten zwar den Vorteil, daß erstens die Vertikalwinkel an beiden Enden jeder Linie gemessen werden können, zweitens, daß die Länge zwischen zwei Prismenspitzen parallel der Ziellinie gemessen und somit der Gradbogen ganz entbehrlich gemacht wird, aber wegen der erheblichen Kosten wird mancher Markscheider verleitet auf die Anschaffung der Signale zu verzichten und sich mit dem Anzielen der Spitzen begnügen, also mit einmaligem Messen der Höhenwinkel in Springstationen. Die Längen werden dann am zweckmäßigsten mit freischwebendem Meßbande gemessen (vergl. § 18).

Bei den Längenmessungen längs einer an die Prismen angeschlungenen Schnur kann durch den Zug von rund 15 kg, welcher an dem, wenn auch kurzen, Hebelarm der Prismenhöhe wirkt, ein Verdrehen der Spreize herbegeführt werden.

Man wird in diesem Falle gut thun statt drei solcher Aufstellungsvorrichtungen deren sechs anzuwenden.

Die Freiberger Aufstellung kann man auch auf Stativen benutzen. Die Polygonpunkte werden in der Firste fixiert und die Prismenspitze vor Aufstellung des Theodoliten eingelotet, also eine Vermischung der beiden Meßmethoden mit verlorenen und fixierten Punkten herbeigeführt.

§ 58. **Vergleichung der beiden Meßmethoden mit dem Theodoliten.** Die naheliegende Frage, welche von den beiden Methoden bei der Anwendung des Theodoliten in der Grube den Vorzug verdient, ist nicht allgemein zu beantworten. Sie wird sich nur unter Berücksichtigung der jedesmaligen Verhältnisse in den zu vermessenden Grubenräumen, nach den zu Gebote stehenden Geldmitteln u. dergl., also nicht ausschließlich zu Gunsten einer Methode beantworten lassen.

Man kann auch hier nur auf den einen Hauptgrundsatz hinweisen, daß der Markscheider nicht starr an einer Methode festhalten darf, sondern je nach Bedürfnis und Zweckmäßigkeit die eine oder die andere verwenden soll. Als Vorteil und Nachteil der beiden Methoden lässt sich ungefähr folgendes anführen.

Das Verfahren mit fixierten Punkten gestattet ein Trennen der Messung von Winkeln und Längen und die Signale sind die denkbar einfachsten: das Lot, ein Stück Pauspapier und die gewöhnliche Grubenlampe. Die Meßgehilfen sind wenig belastet, so dass zwei hinreichend geübte genügen. Die Fixierung sämtlicher Winkelpunkte giebt namentlich bei festem Gestein der ganzen Messung einen lang dauernden Wert und macht den Anschluß späterer Messungen leicht möglich, auch wenn einzelne Punkte verloren gehen sollten.

Stativ, Arme und Spreizen lassen sich verwenden.

Das trigonometrische Höhenmessen kann mit Hilfe einer Hängelatte, die in die Krampen (Fig. 118a) gehängt wird, sehr leicht damit verbunden werden.

Dagegen erfordert das Fixieren der Punkte in festem Gestein Mühe und Zeit, das Zentrieren des Theodoliten ist zuweilen schwierig und erfordert bei kurzen Winkelschenkeln große Sorgfalt. Die Methode setzt breite, geräumige und nicht zu sehr gekrümmte Strecken mit guter Sohle voraus. Überall da, wo diese Bedingungen vorwiegend zutreffen, hat sich diese Methode eingebürgt, z. B. in den großen Steinkohlenrevieren der Rheinprovinz, Schlesiens und Westfalens, in den Erzrevieren des Harzes und Böhmens u. s. w.

Das Messen mit Untersätzen läßt ein schnelles Arbeiten zu, da das Fixieren der Winkelpunkte bis auf die wenigen am Schluß des Zuges wegfällt und das Aufstellen und Zentrieren keinen Zeitaufwand beansprucht und sehr genau ausgeführt werden kann. Die Methode ist da am Platze, wo nicht zu breite, vielfach gewundene Strecken, z. B. in

den Freiberger Erzrevieren, vorhanden sind, wo bei den meist kurzen Polygonseiten eine scharfe Zentrierung des Theodoliten zu erstreben ist.

Dem gegenüber sind folgende Nachteile anzuführen: der Anschluß an spätere Messungen ist durch die wenigen fixierten Schlußpunkte nicht genug gesichert. Das Messen der Winkel und Längen kann nicht getrennt, sondern muß abwechselnd hintereinander vorgenommen werden. Der Markscheider muß die Mittel zum Längenmessen gleich mitführen, hierzu kommen noch besondere Signale, Spreizen oder mehrere Stative u.s.w., so daß vier bis fünf Meßgehilfen notwendig werden. Dadurch wird die Anwendung der Methode teuer, und dem ist es wohl zuzuschreiben, daß diese theoretisch bessere und anfangs allein übliche Methode, von der mit fixierten Punkten fast ganz verdrängt ist.

§ 59. **Das Messen mit dem Theodoliten in tonnlägigen Schächten, steil einfallenden Strecken, Bremsbergen u. dgl.** Der zu solchen Messungen verwandte Theodolit muß ein exzentrisches Fernrohr besitzen und die Exzentrizität muß so groß sein, daß bei dem Zielen nach unten an dem Alhidadenrande und an dem Untersatz des Theodoliten vorbeigezielt werden kann. (Fig. 94 u. 95 § 35). Hierbei kann nur die Methode mit verlorenen Punkten angewendet und eine angefangene Messung muß, ohne die Arbeit abzubrechen, bis zu Ende durchgeführt werden. Bei längeren Unterbrechungen müssen wenigstens die beiden letzten Aufstellungsvorrichtungen unverrückt stehen bleiben, da ein Fixieren der Punkte meistens ganz unmöglich aber doch das nachherige Einloten des Theodoliten unsicher ist.

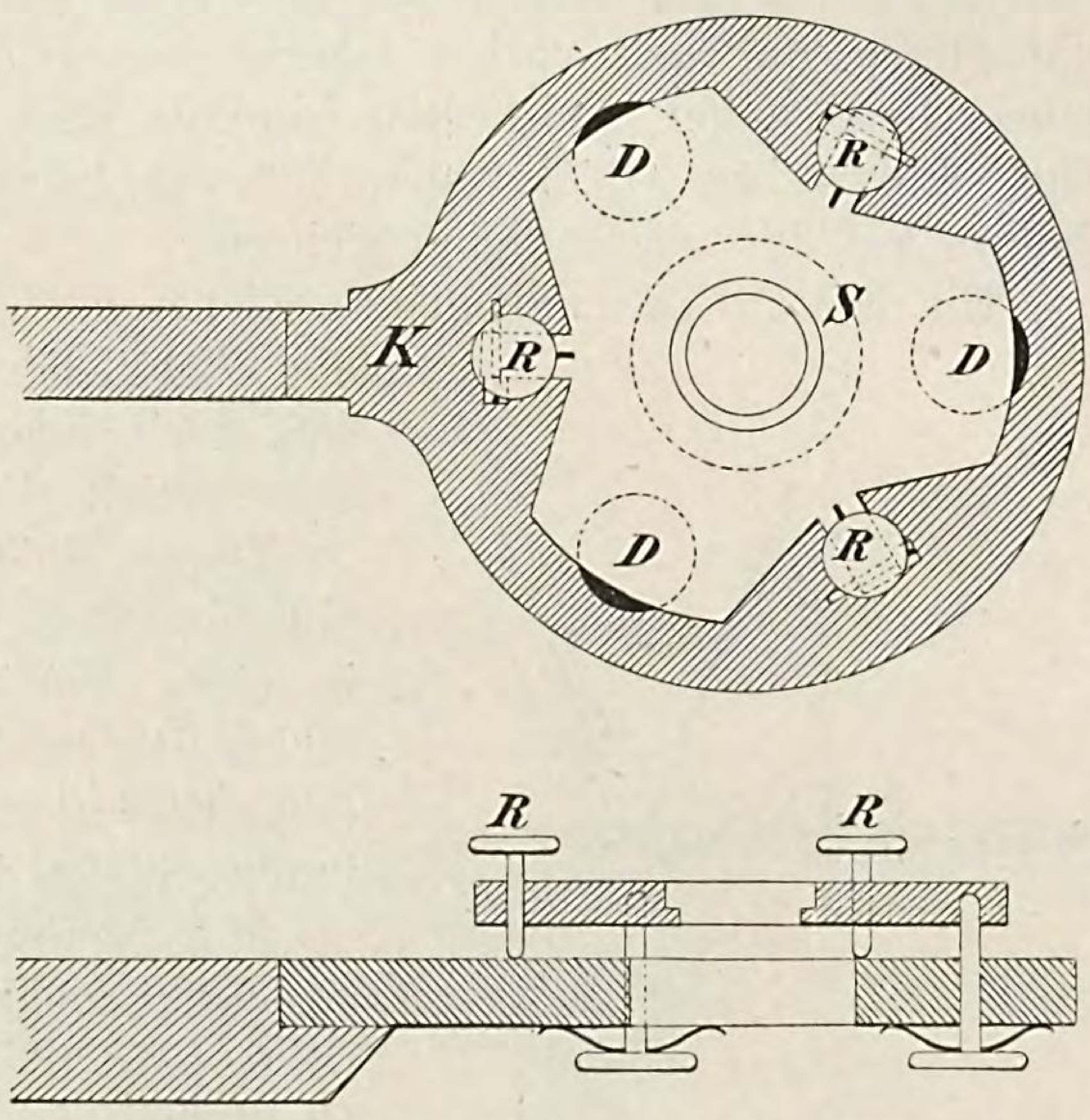


Fig. 137a u. b. Arme für Schachtmessungen.

Die Aufstellung des Theodoliten erfolgt fast ausschließlich auf Armen, von denen die nebenstehenden Figuren (137a u. b) zwei Ansichten liefern. Die Kopfplatte *K* des Armes enthält außer der großen zentrischen Durchbohrung noch drei Löcher *DDD*, deren Mittelpunkte ein gleichschenkeliges Dreieck bilden. Auf der Platte *K* läßt sich die durch die Schrauben *RRR* zum Horizontalstellen eingerichtete Standplatte *S* so weit verschieben,

wie die drei erwähnten Löcher erlauben. An der unteren Seite der Standplatte sitzen nämlich, den Mittelpunkten dieser Löcher entsprechend, drei mit Gewinden versehene Zapfen, die durch die Kopfplatte hindurchragen und an dem unteren Ende Schrauben haben, die gegen Federn wirken und so ein Festklemmen der Standplatte ermöglichen.

Die Standplatte ist mit Körnern versehen, durch welche der Theodolit eine genau zentrische Stellung zu ihrer Durchbohrung erhält. Die zentrische Durchbohrung hat einen kleinen hervorstehenden Rand zum Aufsetzen der Signale.

Das unmittelbare Anzielen des unteren Signals ist stets bequem auszuführren, während das Zielen von unten nach oben, namentlich das Aufsuchen des Lichtsignals schwierig ist. Auch hierbei leistet das Überzielen gute Dienste, ist aber beim oberen Signal nicht immer möglich.

Zur Erleichterung des Anzielens nach oben bedient man sich eines Prismenokulars (Fig. 62 § 23). Das Aufsuchen des Signals ist durch das Prisma aber noch mehr erschwert. Man muß daher, nachdem zum erstenmale das Fadenkreuz auf das Signal eingestellt worden war, durch Einstellung auf den vorher abgelesenen Höhenwinkel und durch genaue Abmessungen von festen Punkten nach den Fernrohrträgern und dem Okular- bez. Objektivende sich die leichte Wiederholung des Einstellens auf das obere Signal sichern.

Ein Mittel, das unbequeme Zielen nach oben zu umgehen, bietet ein künstlicher Horizont, in dem man das sich darin spiegelnde Bild des oberen Signals anzielt (Fig. 94 § 35).

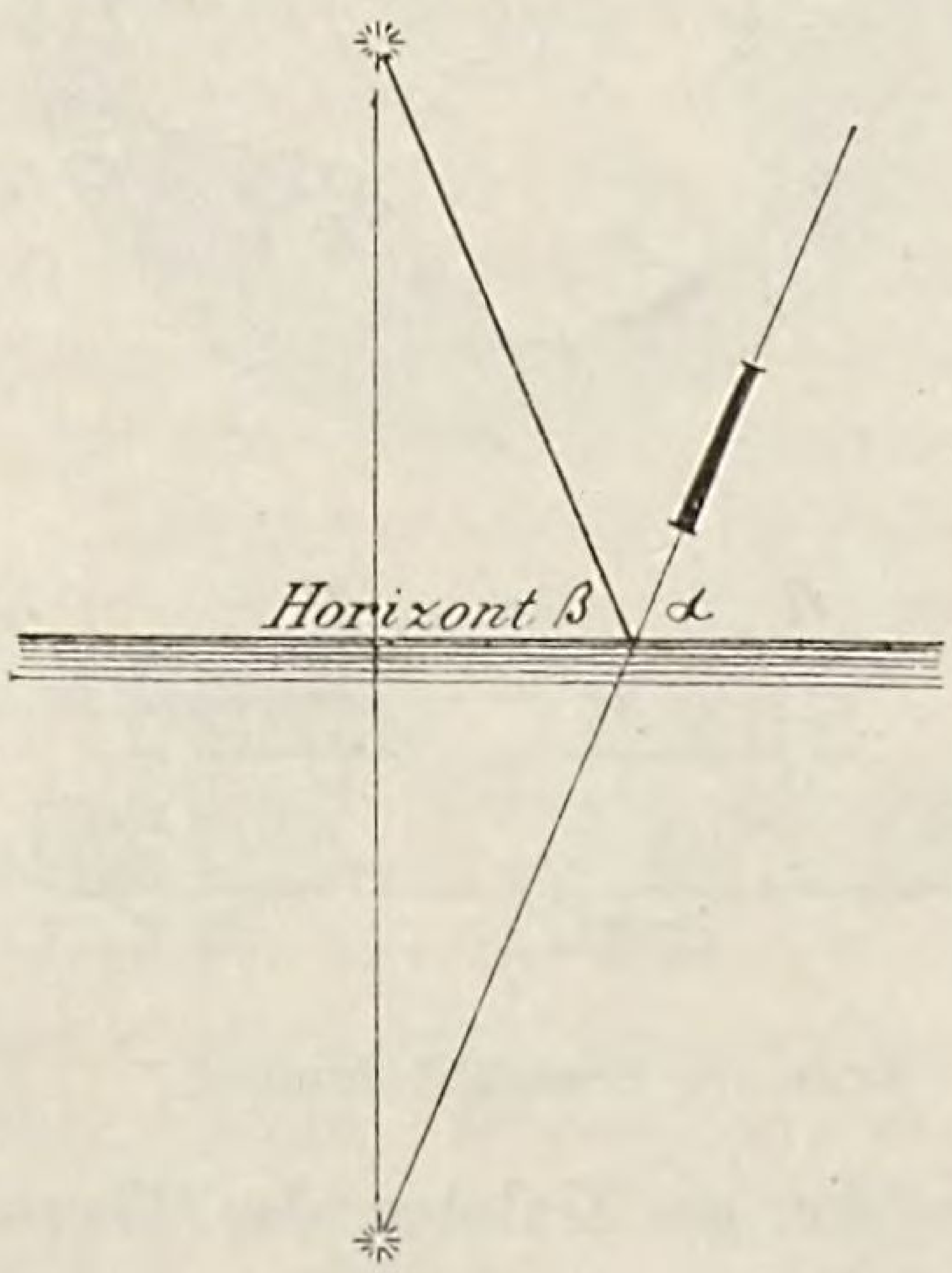


Fig. 138. Der künstliche Horizont.

Dieses Spiegelbild liegt mit dem Signale und dem Fernrohre des Theodoliten in einer Vertikalebene und wird unter einem Depressionswinkel α gesehen, der dem Elevationswinkel β am Reflexionspunkte gleich ist (Fig. 138).

Man verwandelt dadurch eine aufwärts gerichtete Ziellinie in die bequemere abwärts gerichtete und hat den für die Richtigkeit der Messung wesentlichen Vorteil, das Fernrhor beim Überführen aus einem Winkelschenkel in den anderen nicht kippen zu müssen. Ein geringer Fehler in der Horizontalstellung der Kippachse bringt, wenn das obere Signal ebenfalls unmittelbar angezielt wird, erhebliche Fehler in der Bestimmung des Horizontalwinkels.

Der künstliche Horizont wird in einer kleinen flachen Dose, deren Stiel zwischen Kopf- und Standplatte des Armes mittels kleiner Holzkeile befestigt werden kann, durch Öl, dem etwas Kienruß beigemengt ist,

hergestellt. Der Rand der Dose ist etwas schräg abgeschnitten, weil zur Abhaltung des Wetterzuges ein reines Glimmerblatt darüber gedeckt und das sich darin zeigende Spiegelbild unschädlich gemacht werden muß. Durch das Glimmerblatt findet keine Ablenkung des Lichtstrahles statt. (Siehe Fig. 94 Seite 71.)

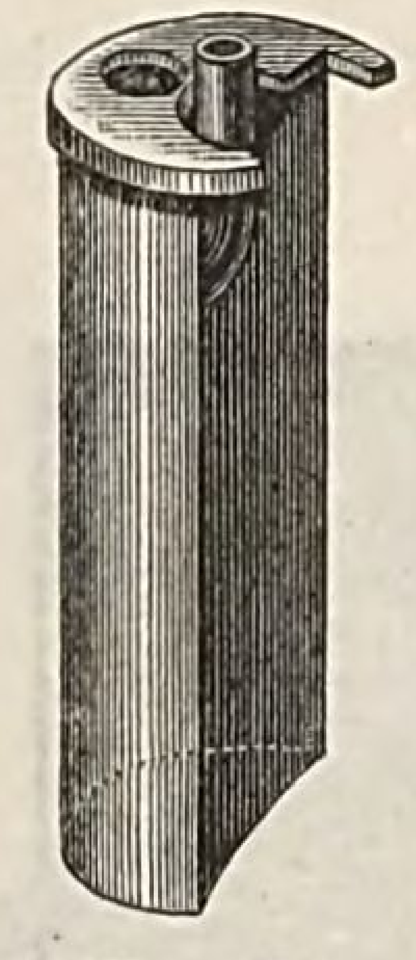


Fig. 139. Signallampe von BORCHERS.

Der künstliche Horizont wird bei dem Messen der Horizontal- und Vertikalwinkel benutzt.

Die Signale beim Schachtmessen. BOCHERS (praktische Markscheidekunst Seite 119—124) wandte Signallampen an, deren Form aus Fig. 139 zu ersehen ist. Die Lampen werden mit ihrem vorspringenden Deckel auf den Ansatz *a* (Fig. 140) der zentrischen Durchbohrung der Standplatte gesetzt. Die Flamme der Lampe ist dann genau zentrisch.

Für den Fall, daß die Neigung der Ziellinie so flach wird, daß die Kopfplatte das Signallicht deckt, so ist eine zweite Lampe bereit zu halten, deren Benutzung da beginnt, wo die der ersteren aufhört (Fig. 140).

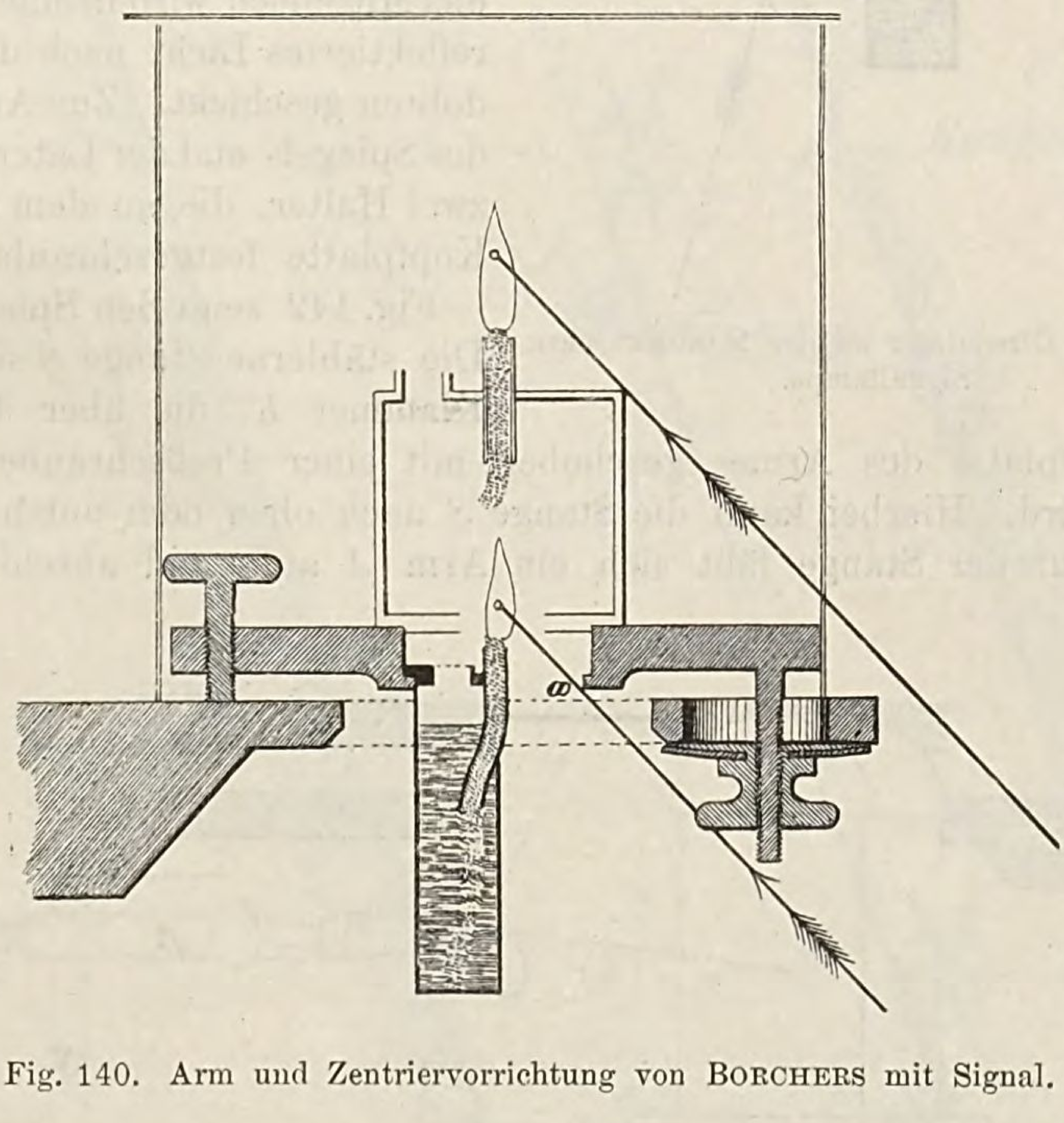


Fig. 140. Arm und Zentriervorrichtung von BORCHERS mit Signal.

Zur gleichmäßigen Speisung der Lampen mit Öl dienen Regulatoren, deren Konstruktion und Wirkungsweise aus Fig. 141 zu erkennen ist.

Die Flamme wird vor dem Wetterzuge geschützt durch eine

zylindrische Hülle von dünner Pappe, auf die, wenn der Luftzug von oben nach unten geht, ein reines Glimmerblatt gelegt wird. Hat der Wetterzug eine umgekehrte Richtung, so ist der freie Raum neben der Signallampe durch eine passende Platte aus Glas zu verdecken.

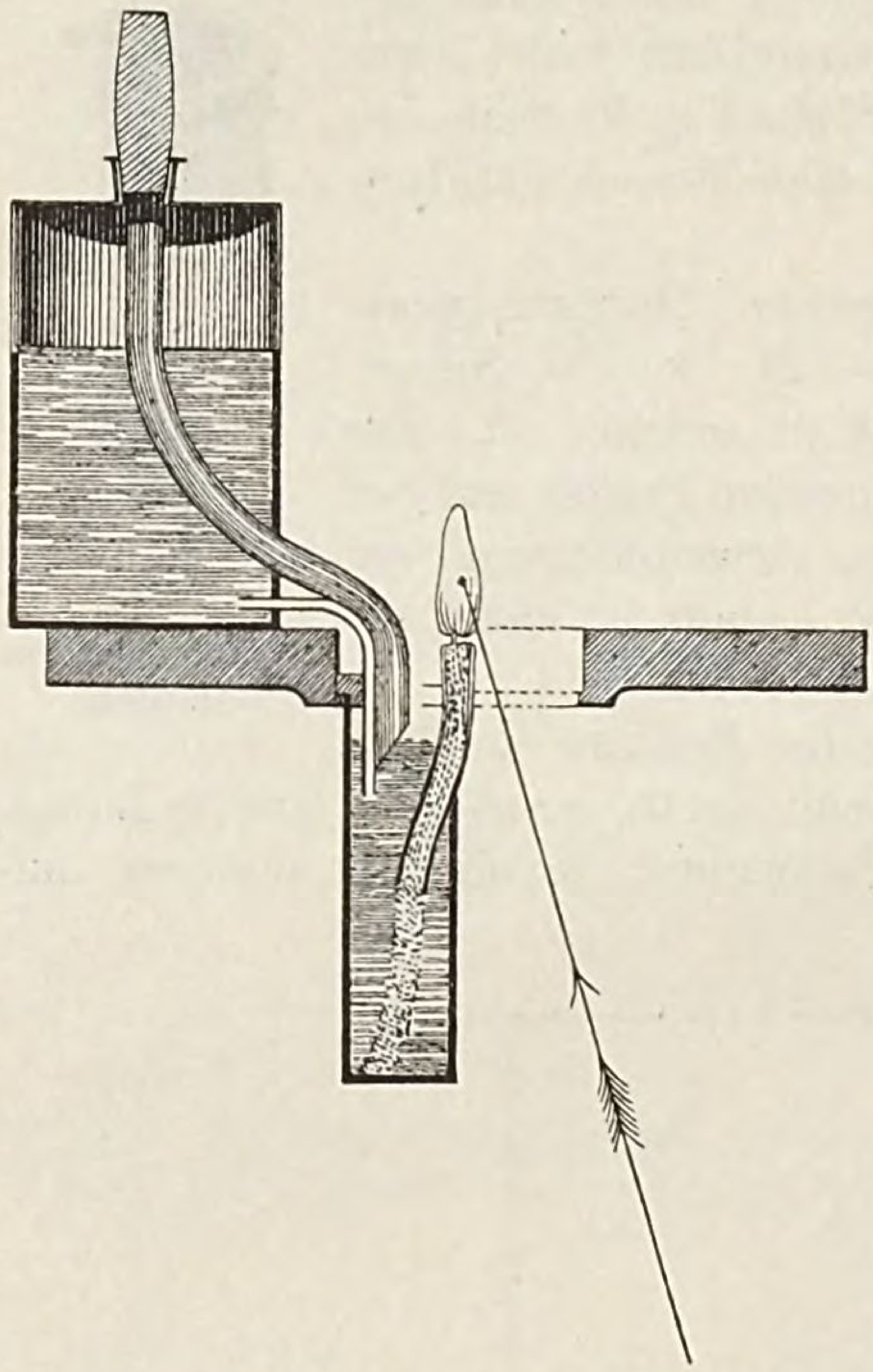


Fig. 141. Ölregulator an der Borcherschen Signallampe.

In neuerer Zeit werden auf dem Oberharze folgende von dem Verfasser konstruierte Signale angewendet (Fig. 142).

Auf den Ansatz der zentrischen Durchbohrung der Standplatte werden Metallscheiben gelegt, die in der Mitte ein rundes Loch haben. Von den Scheiben müssen immer mehrere mit verschieden großen Löchern für längere und kürzere Zielweiten vorhanden sein. Durch das Mittelloch wird in einem Spiegel reflektiertes Licht nach dem Theodoliten geschickt. Zur Aufstellung des Spiegels und der Laterne dienen zwei Halter, die an dem Rand der Kopfplatte festgeschraubt werden. Fig. 142 zeigt den Spiegelhalter. Die stählerne Stange S sitzt in der Klammer K, die über den Rand der Kopfplatte des Armes geschoben mit einer Preßschraube fest gemacht wird. Hierbei kann die Stange S nach oben oder unten gerichtet sein. Auf der Stange läßt sich ein Arm A auf- und abschieben und

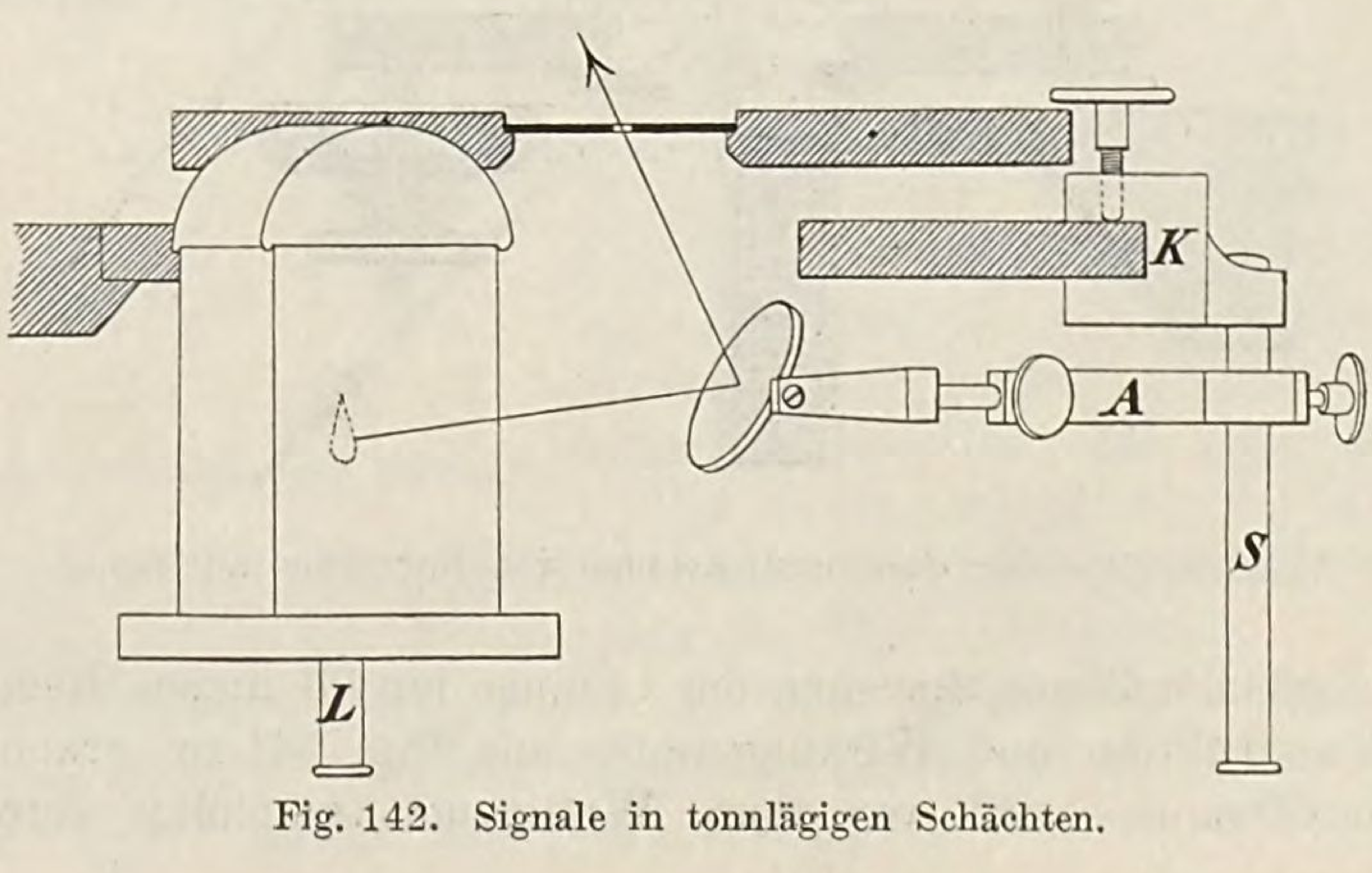


Fig. 142. Signale in tonnlägigen Schächten.

an jeder Stelle festklemmen. In dem ausgehöhlten Arme *A* sitzt mit seinem runden Zapfen der Spiegelträger, der in einer Gabel den um eine Achse drehbaren Spiegel hält. Der Spiegel hat demnach eine

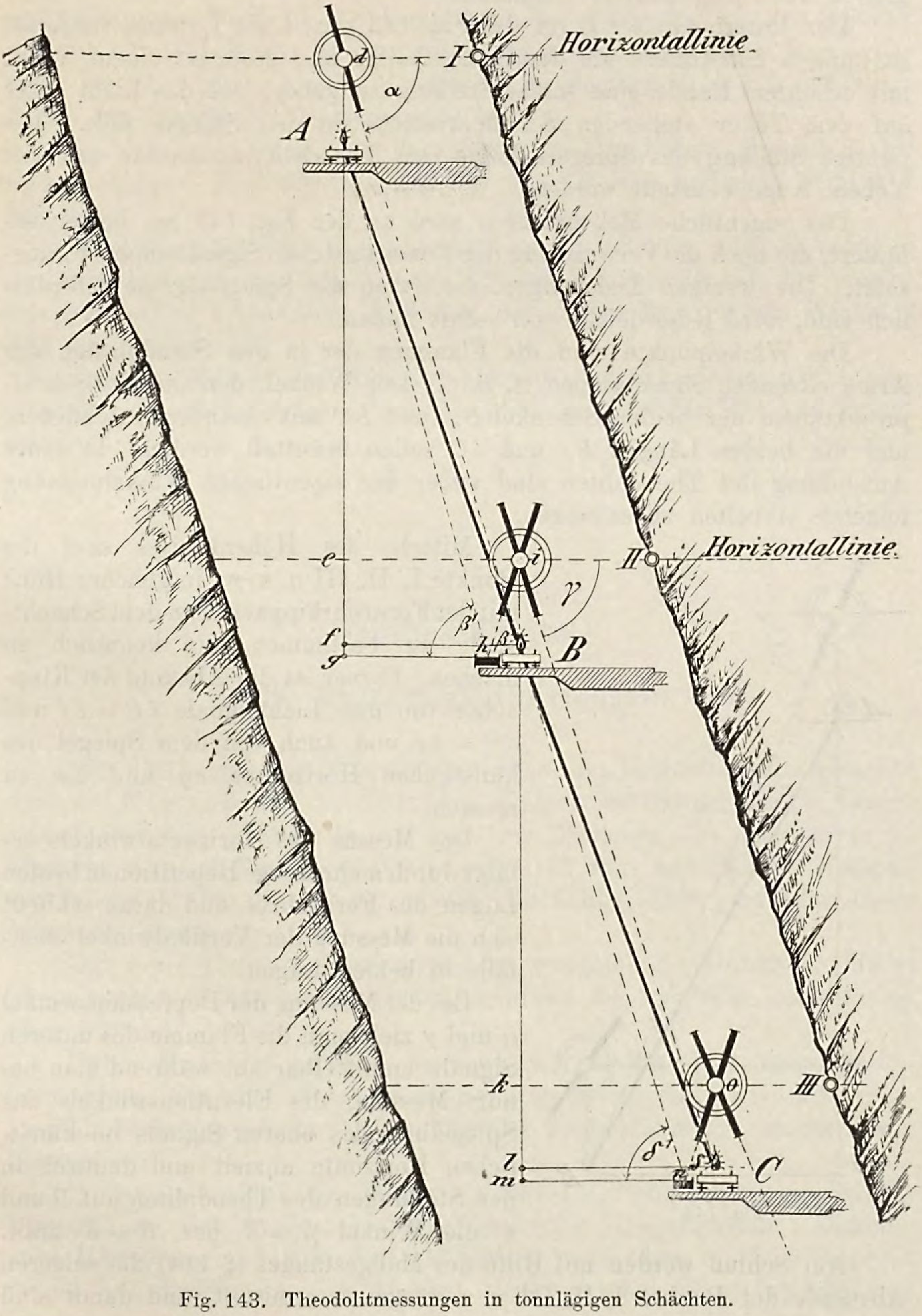


Fig. 143. Theodolitmessungen in tonnlägigen Schächten.

Bewegung um drei Achsen und kann in jede gewünschte Stellung über oder unter die kleine Signalscheibe gebracht werden. Der Stab S hat am Ende eine mit dem Rande überstehende Schlußschraube, die ein Abgleiten des Spiegelhalters verhindert.

Der Laternenhalter L (in der Fig. 142 durch die Laterne verdeckt) ist ähnlich konstruiert wie der Spiegelhalter und gestattet einem Teller mit erhöhtem Rande eine solche Stellung zu geben, daß das Licht einer auf dem Teller stehenden Schaffnerlaterne in den Spiegel fällt. Die richtige Stellung des Spiegels kann vom Theodolitstandpunkte aus mit bloßem Auge beurteilt werden.

Das eigentliche Meßverfahren wird an der Fig. 143 am besten erläutert, die noch die Verwendung der Borchersschen Signallampen voraussetzt. Die wenigen Änderungen, die durch die Spiegelsignale erforderlich sind, wird jeder leicht von selbst finden.

Die Winkelpunkte sind die Flammen der in den Standplatten der Arme sitzenden Signallampen A, B, C. Der Winkel, den die Horizontalprojektionen der beiden Schenkel BA und BC mit einander einschließen, und die beiden Längen Bf und lC sollen ermittelt werden. In jeder Aufstellung des Theodoliten sind außer der eigentlichen Winkelmessung folgende Arbeiten zu erledigen.

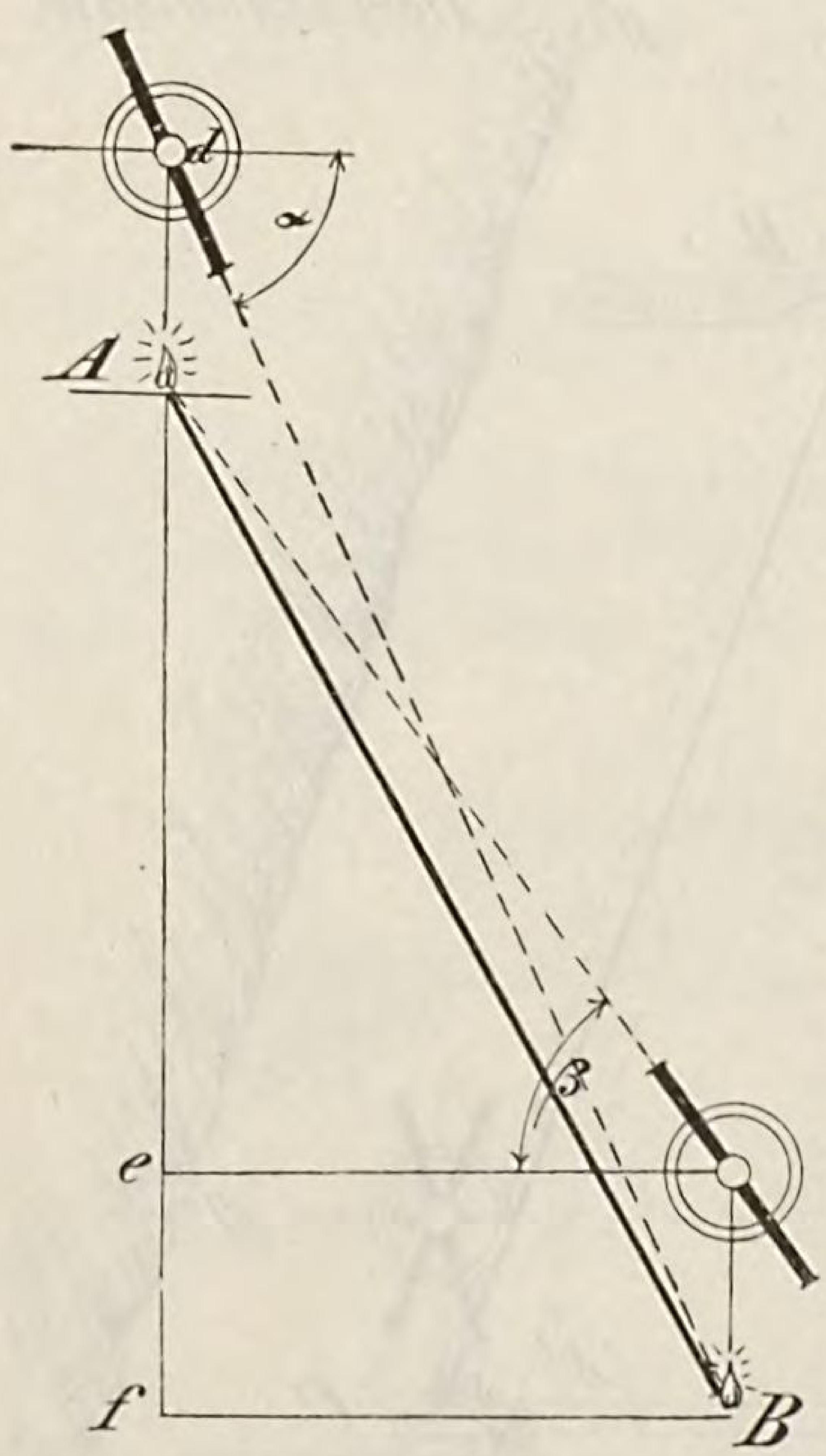


Fig. 144.

Mittels des Höhenkreises sind die Punkte I, II, III u. s. w. in gleicher Höhe mit der Fernrohrkippachse an dem Schachtstoße zu bestimmen und kenntlich zu machen. Ferner ist der Abstand der Kippachse von dem Lichtsignale $iB = ef$ und $oC = kl$ und auch von dem Spiegel des künstlichen Horizontes eg und km zu messen.

Das Messen des Horizontalwinkels erfolgt durch mehrmalige Repetition in beiden Lagen des Fernrohres und daran schließt sich die Messung der Vertikalwinkel ebenfalls in beiden Lagen.

Bei der Messung der Depressionswinkel α und γ zielt man die Flamme des unteren Signals unmittelbar an, während man behufs Messung des Elevationswinkels das Spiegelbild des oberen Signals im künstlichen Horizonte anzielt und dadurch in den Stellungen des Theodoliten auf B und C die Winkel $\beta = \beta'$ bez. $\delta = \delta'$ mißt.

Am Schluß werden mit Hilfe des Maßgestänges (§ 114) die seigeren Abstände der Punkte I, II, III u. s. w. genau ermittelt, und damit sind

alle Unterlagen gegeben zur Berechnung der Projektionen der Winkelschenkel BA und BC.

Dies geschieht bei jeder einzelnen Projektion auf zwei verschiedenen Wegen. Bf wird einmal aus dem Winkel α und der Kathete df des rechtwinkeligen Dreiecks dfB berechnet, das zweite Mal aus den Stücken gh und hB' (der Punkt B' ist in der Figur weggelassen; er liegt senkrecht um eine Länge gleich fg unter B, in gleicher Höhe mit der Oberfläche des künstlichen Horizontes).

Die Länge gh wird aus der Kathete Ag und dem Winkel β des rechtwinkeligen Dreiecks Agh und hB' aus $iB' = eg$ und dem Winkel β berechnet.

Wird der künstliche Horizont nicht angewandt (Fig. 144), so erfolgen die Berechnungen der Projektionen Bf des Winkelschenkels BA einmal aus der Kathete df und dem Winkel α, das andere Mal aus dem Winkel β und der Kathete Ae.

Bei dem Messen der Höhenwinkel mit dem exzentrischen Fernrohr ist das zu berücksichtigen, was hierüber in § 51 zu Fig. 112 gesagt worden ist.

Fünftes Kapitel.

Die Magnetnadelinstrumente.

§ 60. Die beiden zum Winkelmessen dienenden Magnetnadelinstrumente sind der Kompaß und die Bussole. Früher bestand der scharfe Unterschied zwischen beiden darin, daß der Teilkreis des Kompasses in Stunden, der der Bussole in Grade eingeteilt war, und daß der Kompaß nur in der Grube, die Bussole ausschließlich über Tage zum Feldmessen gebraucht wurde.

Der erste Unterscheidungsgrund ist weggefallen, seitdem die Kompässe auch in Grade geteilt werden, während der zweite im wesentlichen noch besteht.

Unter Bussole versteht man im allgemeinen ein Magnetnadelinstrument, das mit einem Fernrohr oder Dioptern sowie mit einem Dreifuß versehen ist, und über Tage in Verbindung mit einem Stativ benutzt wird.

Ist vom Kompaß die Rede, so denkt man, abgesehen vom Schiffskompaß, an den in der Grube gebrauchten Hängekompaß. Dieselbe zum Hängezeug passende Kompaßbüchse kann aber in einen Apparat eingesetzt werden, der ein Absehen (Diopter oder Fernrohr) hat, und

heißt dann Visierkompaß, Stativkompaß, Feldmeßinstrument oder Bussole. Ein solcher Visierkompaß wird z. B. in Amerika und England vorwiegend in der Grube gebraucht.

Zuerst soll von dem Markscheiderkompaß und dann von der Bussole gesprochen werden.

§ 61. Der Markscheiderkompaß. Bis zum ersten Drittel dieses Jahrhunderts war der Kompaß das wichtigste Instrument des Markscheiders und die Entwickelung der ganzen Markscheidekunst hängt eng mit der Vervollkommnung des Kompasses zusammen.

Wer zuerst einen nadelförmigen Magneten auf einem Stifte frei schwingend in eine Büchse (bussola) eingeschlossen hat, bleibt ungewiss. Wahrscheinlich geschah es um das Jahr 1200.

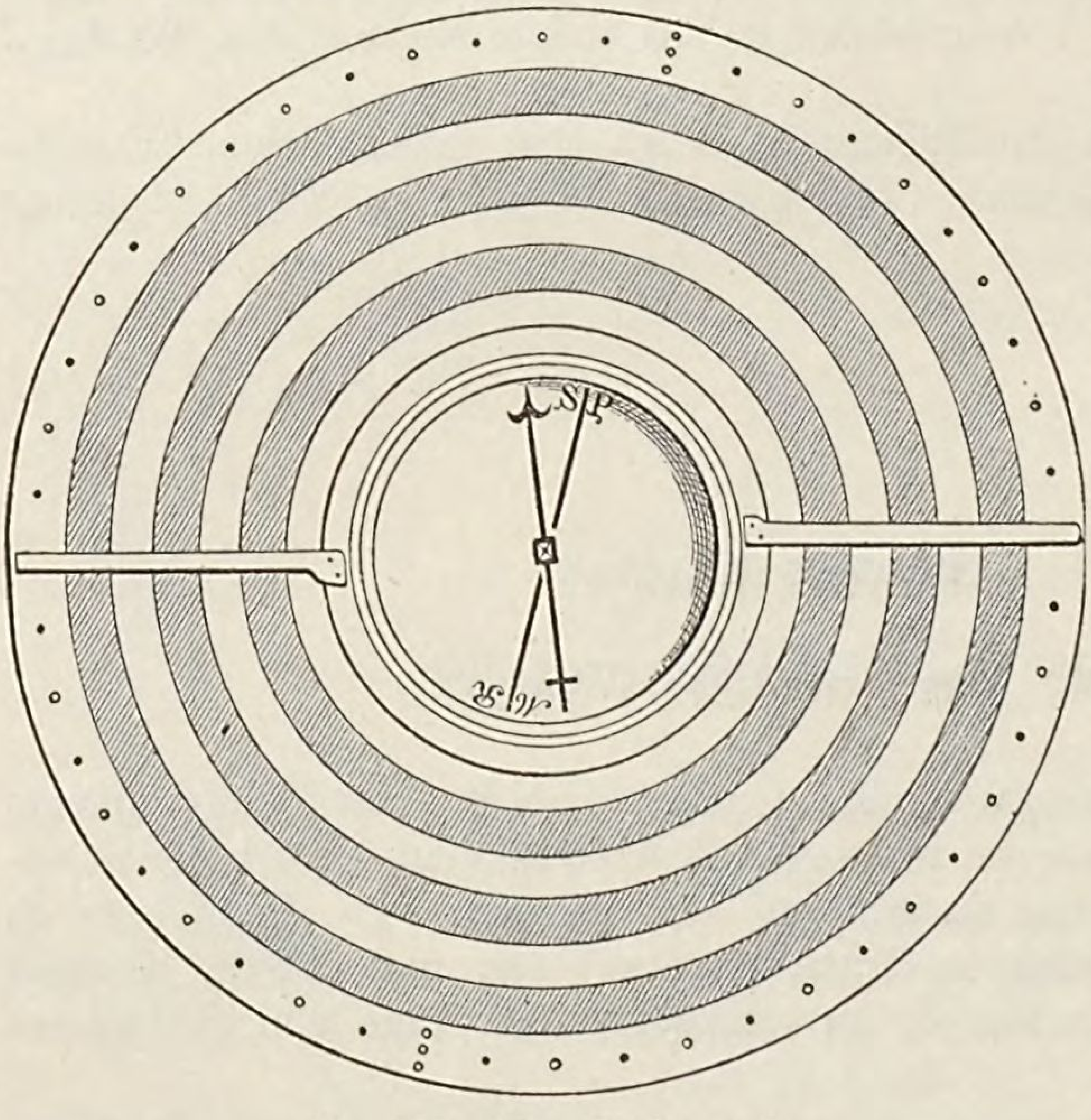


Fig. 145. Alter Setzkompaß.

Anm. Meist wird einem gewissen Flavio Gioja, der um 1300 gelebt haben soll, das Verdienst dieser Erfindung zugeschoben, aber nach einer gründlichen Abhandlung von A. Schück (Hamburg) in dem Journale „Ausland“ 1892 N. 35 ff: „Die Kompaß-Sage in Europa (Flavio Gioja) die erste Erwähnung desselben dortselbst und nationale Ansprüche an seine Erfindung“, ist dies nicht der Fall, vielmehr schließt sich der Verfasser einer schon im Jahre 1643 von einem Gelehrten ausgesprochenen Ansicht an, die folgendermaßen lautet: Ich rechne diese Erfindung zu den Sachen, die wir durch Überlieferung erhalten haben, ohne zu wissen, wem wir dafür verpflichtet sind.

Die Anwendung des Kompasses zum Vermessen in der Grube erwähnt zuerst Agricola im fünften Kapitel seines 1556 erschienenen Buches „De re metallica“. Von dem in diesem Werke beschriebenen Setzkompaß liefert Fig. 145 eine Darstellung. Das Original, nach dem diese Zeichnung gefertigt, trägt die Jahreszahl 1541.

Eine hölzerne, 2 cm dicke Scheibe von 16,5 cm Durchmesser, in deren Mitte zentrisch eingelassen ein kleiner messingener Kompaßnapf von 5,5 cm Durchmesser sich befindet, ist in eine kreisförmige Ver-

tiefung einer hölzernen Dose (in der Figur weggelassen) eingesetzt, in deren Boden ein Loch zur Aufnahme eines Aufsteckzapfens (Stockstativ) gebohrt ist. Die Bodenplatte des Kompasses hat nur eine Nord-Südlinie, und um seinen etwas erhöhten Rand ist eine Doppelregel drehbar. Die hölzerne Scheibe hat mehrere ringförmige Vertiefungen, die mit verschieden gefärbtem Wachs ausgefüllt sind. Beim Gebrauch wurde die Scheibe so lange in der Dose gedreht, bis die Nadel über der Nord-Südlinie der Bodenplatte stand, und dann wurde die Regel nach dem Augenmaß in die Richtung der Schnur gebracht. Diese Richtung wurde durch Striche oder Punkte längs der Regelkante auf einem der Wachsringe

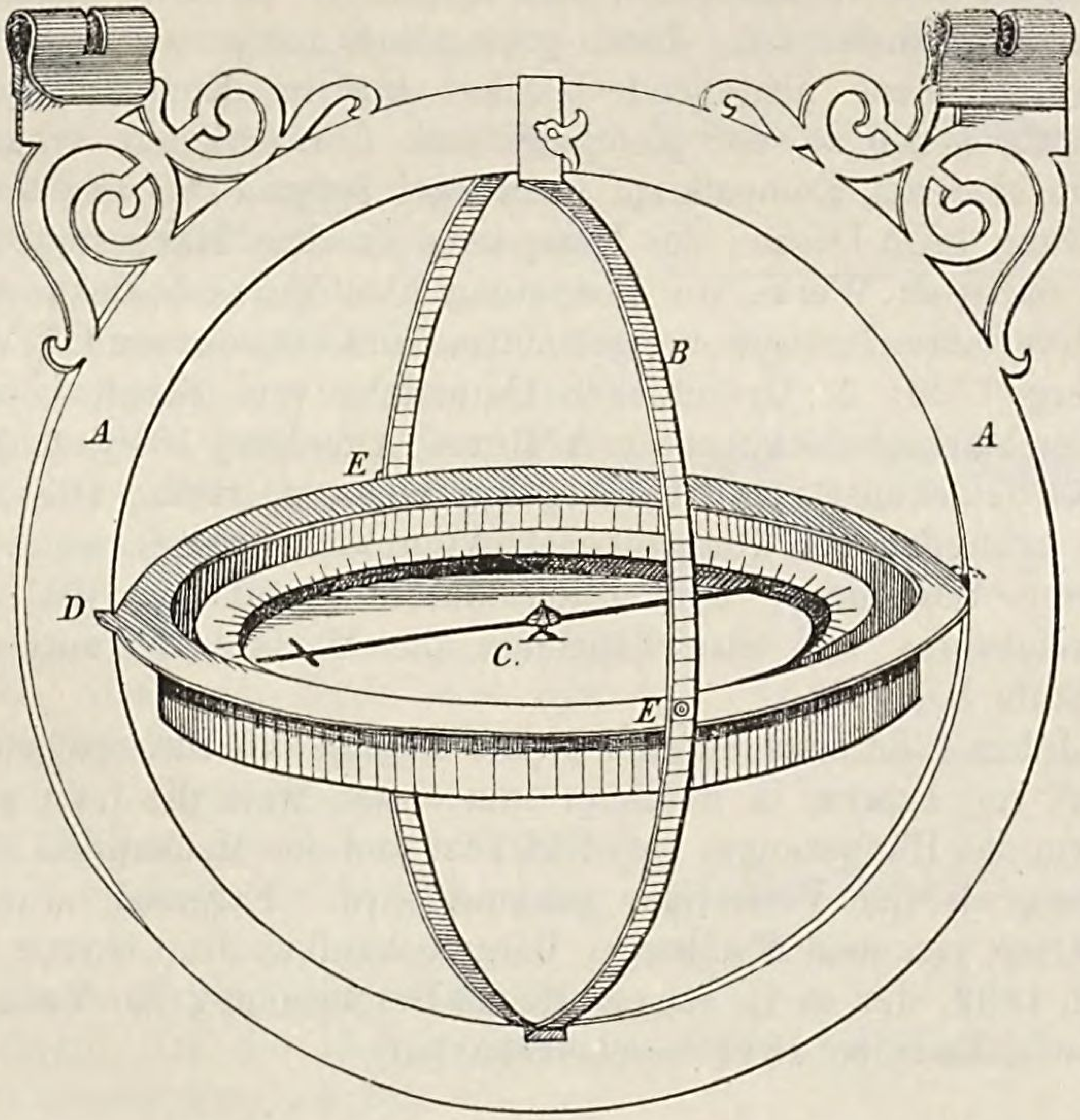


Fig. 146. Kreuzhängezeug nach Rössler.

bezeichnet. Die Zulage erfolgte von dem Schachtpunkte oder dem Stollenmundloche ausgehend auf der Tagesoberfläche im natürlichen Maßstabe. Die von Agricola besprochenen Vermessungen hatten nur den Zweck nachzuweisen, wie die unterirdischen Baue gegen die über Tage abgesteckte Grubenfeldsgrenze (Markscheide) standen.

Später ist die einfache messingene Regel mit Haken oder Löchern zum Einhängen der Schnur und die Scheibe neben den wächsernen Ringen auch noch mit einer Kreisteilung am Rande versehen worden. (Vergl. Eisenscheiben § 30 Fig. 81.)

Der aus AGRICOLA zu ersehende Standpunkt der Markscheidekunst blieb viele Jahre derselbe, bis sie im Jahre 1633 mit der Erfindung des Hängekompasses durch BALTHASAR RÖSSLER, der 1673 als Bergmeister zu Altenburg in Sachsen starb, einen neuen Aufschwung nahm.

Im Jahre 1686 erschien das erste bedeutende Buch über Markscheidekunst, die Geometria subterranea von NICOLAUS VOIGTEL, worin der RÖSSLERsche Hängekompaß, das sogenannte Kreuzhängezeug zuerst abgebildet und beschrieben ist (Fig. 146).

Ein breiter Messingring A, der Hängering, ist mit zwei Haken zum Aufhängen versehen und mit einem zweiten dünneren Ringe B, dem Kompaßringe, fest verbunden, dessen Ebene um 90 Grad gegen die des Hängeringes verdreht ist. Zwei gegenüberliegende und 90 Grad von der Hängeringebene abstehende Löcher EE im Kompaßringe dienen zur Aufnahme der an der Kompaßbüchse C befestigten Achsenzapfen. Außerdem sind am Kompaßnapf noch zwei Spitzen DD angebracht, die zur Führung beim Drehen des Kompasses an dem Hängeringe anliegen.

Die nächsten Werke von Bedeutung über Markscheidekunst: 1. die lateinisch verfaßten Institutiones geometriae subterraneae von J. F. WEIDLER, Wittenberg 1726; 2. Gründlicher Unterricht vom Bergbau nach Anleitung der Markscheidekunst von A. BEYER, Altenburg 1749; 3. Anleitung zur Markscheidekunst vom Oberberghauptmann v. OPPEL, Dresden 1749, brachten bezüglich der Kompaßkonstruktion nichts Neues, wenn sie auch in anderer Beziehung, namentlich durch Einführung des Zulegens nach Streichsinus und Streichkosinus, die Markscheidekunst auf eine höhere Stufe hoben.[1]

Im Jahre 1785 erschien eine zweite Auflage des BEYERschen Buches, bearbeitet von LEMPE, in welchem zum ersten Male die jetzt gebräuchliche Form des Hängezeuges abgebildet ist und der Mechanikus SCHUBERT in Freiberg als der Verfertiger genannt wird. Erfunden wurde diese Konstruktion von dem Freiberger Bergmechanikus JOH. GOTTH. STUDER, gestorben 1832, der es in seinem Buche Beschreibung der Vermessungsinstrumente, Dresden 1811 beschrieben hat.

[1] Der Vollständigkeit wegen mögen hier noch andere über Markscheidekunst geschriebene Bücher angeführt werden:

Lehrbuch der Markscheidekunst von D. F. HECHT, Freiberg 1829.

Anleitung zur Markscheidekunst von J. N. LANG v. HANSTADT, Pest 1835.

Anfangsgründe der Markscheidekunst von KOTZURA, Weimar 1848.

Die neue Markscheidekunst von J. WEISSBACH, Braunschweig 1851.

Lehrbuch der Markscheidekunst von B. H. BEER, Prag 1856.

Höhere Markscheidekunst von MILLER-HAUENFELS, Wien 1868.

Die praktische Markscheidekunst mit Theodolit und Luftblasenniveau von BORCHERS, Hannover 1870.

Abriß der Markscheidekunst von CHOULANT, Freiberg 1873.

Lehrbuch der Markscheidekunst und praktischen Geometrie von A. LIEBENAM, Leipzig 1876.

§ 62. **Die Kompaßbüchse** oder der **Kompaßnapf.** Der beim Markscheiden gebrauchte Kompaß besteht aus einem Napf oder einer Büchse *A* aus Messing von 7—10 cm äußerem und 4,5—7,5 cm innerem Durchmesser (Fig. 147).

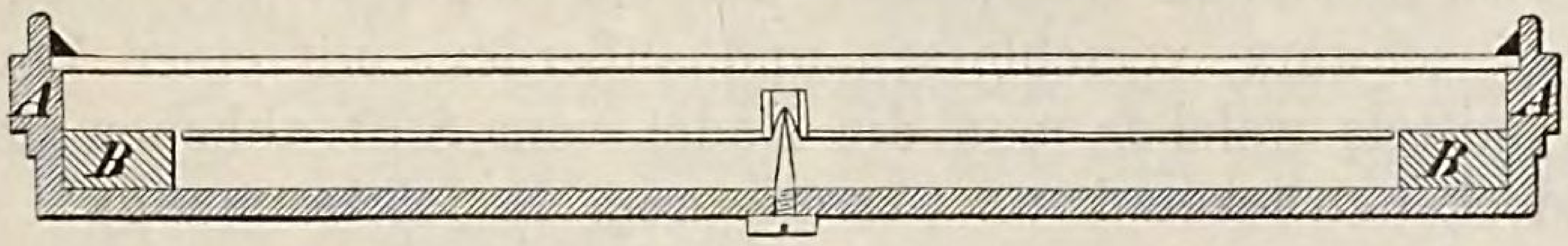


Fig. 147. Kompaßbüchse. Querschnitt.

Im Mittelpunkt der Bodenplatte ist ein stählerner in eine feine Spitze auslaufender Stift eingeschraubt, auf dem eine Magnetnadel so ruht, daß ihre Spitzen in gleicher Höhe des Teilkreises schwingen können. Der Teilkreis ist auf einem Ringe *B* angebracht, der innerhalb des Napfrandes so eingelegt ist, daß die Stiftspitze mit seinem Mittelpunkte zusammenfällt. Dieser Teilkreis ist gewöhnlich fest mit dem Rande des Kompaßnapfes verbunden, kann aber auch mit einer Vorrichtung zum Verstellen eingerichtet werden. Österr. Zeitschr. 1878. Nr. 22. Die Nadel ist aus dünnem Federstahl gefertigt und ist magnetisch. Das eine Ende, das zum besseren Erkennen blau angelaufen ist, wendet sich bei ungehinderter Bewegung stets nach Norden, das andere, das Südende, ist mit einem hellen Querstrich versehen.

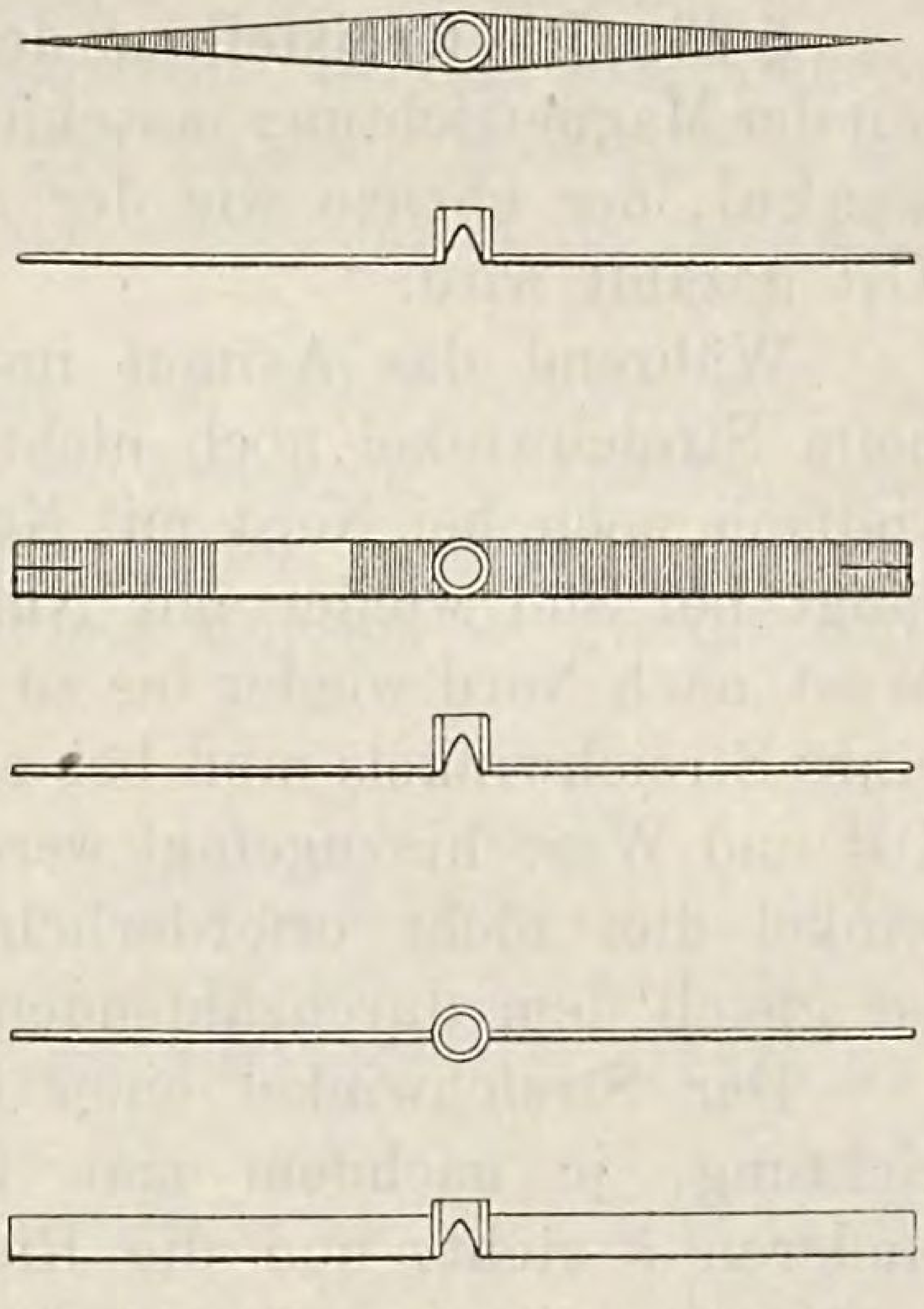


Fig. 148. Form der Kompaßnadeln.

Die Form der Nadel ist meist rhombisch, seltener sind die oblongen (Balkennadeln), die wieder hochkantig und flach gestellt sein können.

Fig. 148 giebt die drei üblichen Formen in der Grund- und Seitenansicht.

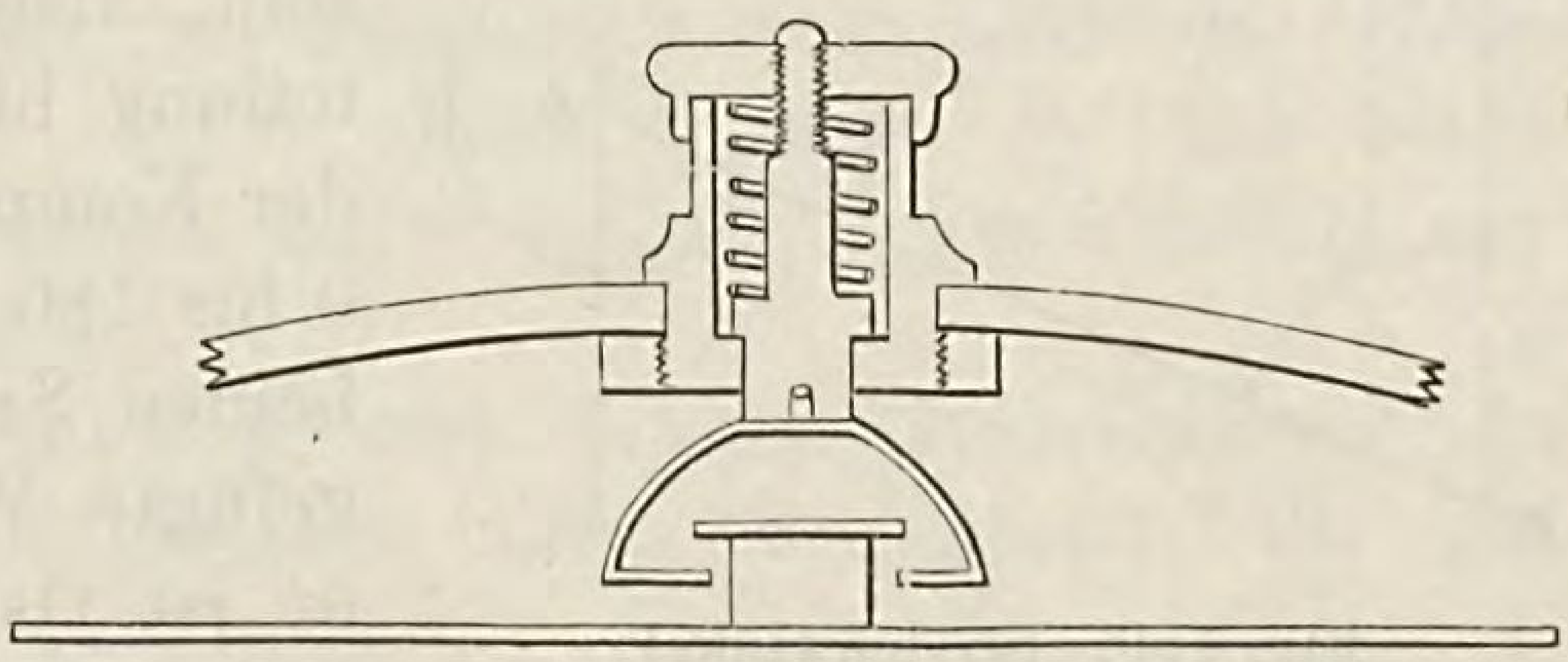


Fig. 149. Arretierungsvorrichtung am Glasdeckel.

Die Magnetnadeln haben sämtlich in der Mitte eine Durchbohrung, auf der „das Hütchen“ sitzt. Dieses Hütchen besteht aus einer kurzen messingenen Röhre, die mit einem konisch ausgeschliffenen Stahlstück oder mit einem harten Stein ausgefüttert ist.

Der Punkt im Hütchen, mit dem es auf der Spitze des Stiftes ruht, ist der Aufhängepunkt der Nadel. Derselbe liegt nicht im Schwerpunkt der Nadel, sondern etwas nach dem Nordende zu. Die Südspitze muss schwerer sein, um die Wirkung der Inklination aufzuheben. Die Kompaßbüchse ist mit einem Glasdeckel, den ein eingesprengter Ring festhält, in Fig. 147 schwarz, verschlossen und außerdem mit einer Vorrichtung versehen, mittels welcher man die Nadel vom Stift abheben und gegen den Glasdeckel drücken kann (Arretierung, Nadelklemmung).

Die Arretierung besteht aus einem Hebel, der durch einen Schieber oder besser durch eine Schraube in Wirkung gesetzt wird, zuweilen auch aus einer Schraube, die durch die Bodenplatte oder durch den Glasdeckel geführt wird (Fig. 149).

§ 63. **Die Kreisteilung des Kompasses.** Der Winkel, den eine Linie mit der Magnetrichtung einschließt, heißt das Streichen oder der Streichwinkel, der ebenso wie der Azimutalwinkel rechtsinnig von Nord über Ost gezählt wird.

Während das Azimut immer von 0 bis 360 Grad zählt, ist dies beim Streichwinkel noch nicht allgemein eingeführt. Die Zählung geht vielfach noch bei Nord mit Null beginnend über Ost nur bis 180 Grad, fängt bei Süd wieder mit Null an und zählt ebenfalls rechtsinnig über West nach Nord wieder bis zu 180 Grad. Zur vollständigen Bezeichnung eines Streichwinkels muß bei einer derartigen Bezifferung die Weltgegend Ost und West hinzugefügt werden, während bei durchzählendem Streichwinkel dies nicht erforderlich ist. Z. B. ein Streichwinkel West 24° ist gleich dem durchzählenden Streichwinkel 204°.

Der Streichwinkel einer Linie richtet sich nach der Vermessungsrichtung, je nachdem man in dem einen Endpunkte *a* oder in dem anderen *b* steht, und die Richtung der Linie von *a* nach *b* oder von *b* nach *a* verlaufend auffassen muß.

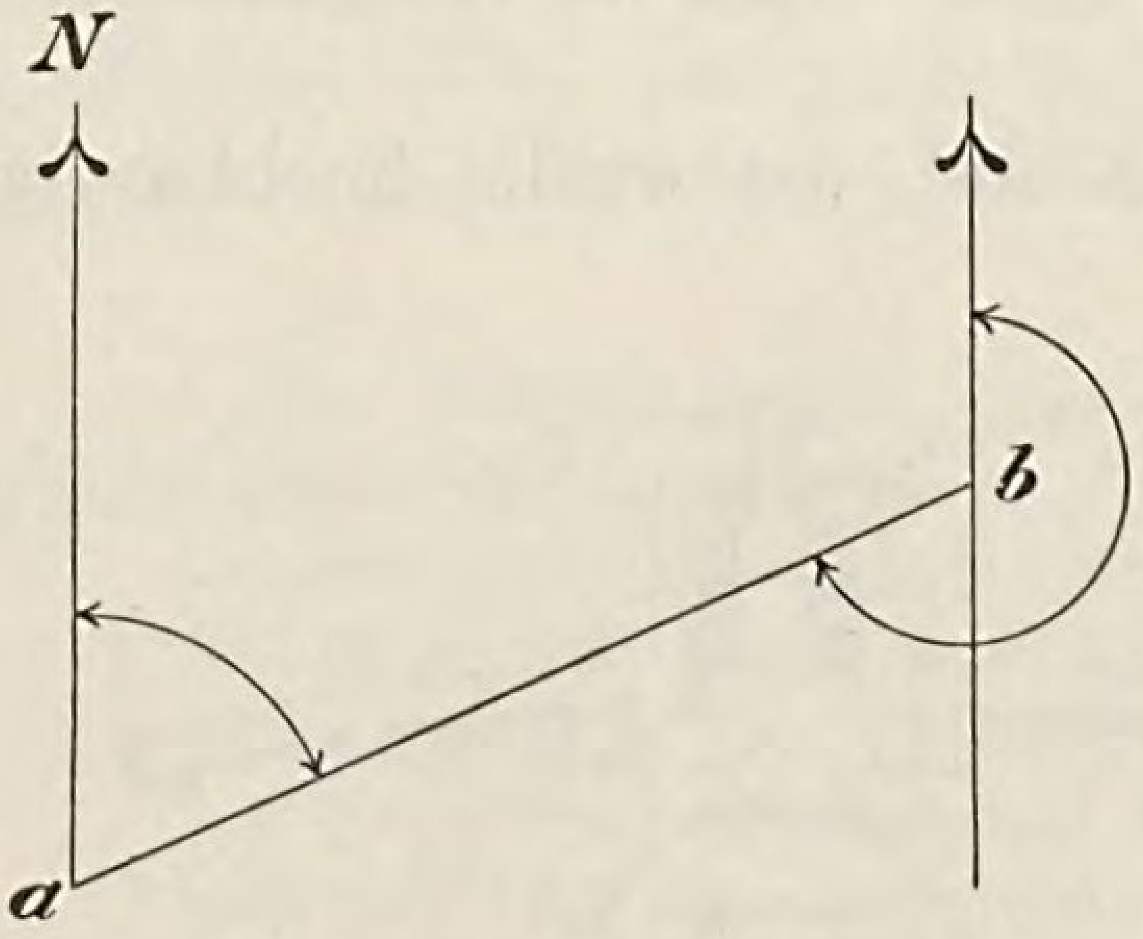


Fig. 150. Streichwinkel.

In Fig. 150 sei der Streichwinkel der Linie *ab* in *a* gleich 72 Grad, dann wird das Streichen von *ba* 180 Grad größer sein, also 252 Grad, wenn die Kompaßteilung bis 360 durchzählend ist. Besitzt der Kompaß dagegen eine Bezifferung von 0 bis 180 Grad, so unterscheiden sich die beiden Streichwinkel nur durch die beigefügte Weltgegend. Das Streichen von *ab* ist Ost 72°, das Streichen von *ba* ist West 72°.

Um das richtige Streichen einer Linie und um bei einem längeren Zuge das Streichen aller Linien in einem Sinne zu erhalten, muß beim Messen der Kompaß stets so gehängt

werden, daß Nord voraus in der Vermessungsrichtung steht. Die Nordspitze der Nadel ist dann für die Gradzahl und für die Weltgegend maßgebend.

Der Geognost will beim Bestimmen des Streichens einer Gebirgsschicht nur die Lage dieser Linie gegen die Magnetrichtung im allgemeinen angeben, nicht wie in der Meßkunst von einem bestimmten Punkte aus. Er benutzt stets einen Kompaß, der von 0 bis 180 Grad, bezw. von 0 bis 12 Stunden geteilt ist und läßt bei der Angabe des Streichwinkels die Weltgegend weg.

Die Einteilung des Teilkreises ist bei den Grubenkompässen, die selten mehr als 75 mm Durchmesser haben, nur bis zu ganzen Graden durchgeführt, bei Bussolen, die von einem größeren Durchmesser sind, bis zu halben Graden. Die Minuten werden abgeschätzt. Die älteren Kompässe haben noch die Teilung in Stunden, von denen eine gleich 15 Grad ist. Auf den Kreis kommen 24 Stunden, aber sie zählen ebenfalls zweimal rechtsinnig von 1 bis 12. Die Zählung geht mit 0 bei Nord beginnend über Ost bis Süd, fängt da wieder mit 0 an und zählt über West bis 12 Stunden.

Jede Stunde ist in acht Teile (Achtel) und jedes Achtel wird in sechzehn Teile durch Schätzung abgeteilt. Bei kleineren Kompässen geht die Einteilung nur bis zu Achteln, bei größeren bis zu halben Achteln.

Zur Umrechnung der Stunden in Grade und Minuten ist die folgende Tabelle beigefügt:

		Vom Achtel	Vom Achtel
1 St. = 15°	1/8 St. = 1° 52,5′	1 Sechzehntel = 7,03′	9 Sechz. = 1° 3,28′
2 „ = 30°	2/8 „ = 3° 45,0′	2 „ = 14,06′	10 „ = 1° 10,31′
3 „ = 45°	3/8 „ = 5° 37,5′	3 „ = 21,09′	11 „ = 1° 17,34′
4 „ = 60°	4/8 „ = 7° 30,0′	4 „ = 28,13′	12 „ = 1° 24,37′
5 „ = 75°	5/8 „ = 9° 22,5′	5 „ = 35,15′	13 „ = 1° 31,40′
6 „ = 90°	6/8 „ = 11° 15,0′	6 „ = 42,18′	14 „ = 1° 38,43′
7 „ = 105°	7/8 „ = 13° 7,5′	7 „ = 49,22′	15 „ = 1° 45,47′
8 „ = 120°	8/8 „ = 15° — ′	8 „ = 56,25′	16 „ = 1° 52,50′

Eine andere Einteilung der Stunde ist nach Sechzehnteilen und jedes Sechzehntel wird in 8 oder bei großem Durchmesser des Kompasses in 12 Teile abgeschätzt. Nach obiger Tabelle ist eine Sechzehntelstunde = 56,25′ und ein Achtel davon = 7,03′. Ein Zwölftel von der Sechzehntelstunde = rund 4,69′.

Die Ablesegrenze für Kompässe mit 7,5 cm Durchmesser ist 7 Minuten, bei kleinerem Durchmesser sinkt die Grenze bis auf 10 Minuten.

Die Bussolen gestatten vermöge ihres größeren Durchmessers, ferner weil die Nadel des auf einem Stativ stehenden Instrumentes sich leichter beruhigt und bequemer (mit Lupe) abgelesen werden kann als am

Kompaß im Hängezeug, eine schärfere Ablesung, und zwar mindestens bis 5 Minuten.

§ 64. **Die Bezifferung der Teilung des Kompasses ist widersinnig.** Der Grund ist folgender: Wenn mit einem Kompaß der Streichwinkel einer Linie *ab* gemessen werden soll, so ist der Kompaß in eine solche Lage zu bringen, daß seine Nord-Südlinie in die Vertikalebene dieser Linie *ab* fällt, oder doch dieser Ebene parallel ist.

Diese Lage muß man sich stets durch eine rechtsinnige Drehung des Kompasses hervorgebracht denken und zwar aus der Anfangsstellung, in der die Nordspitze der Nadel auf den Nord- oder Nullpunkt der Teilung zeigt.

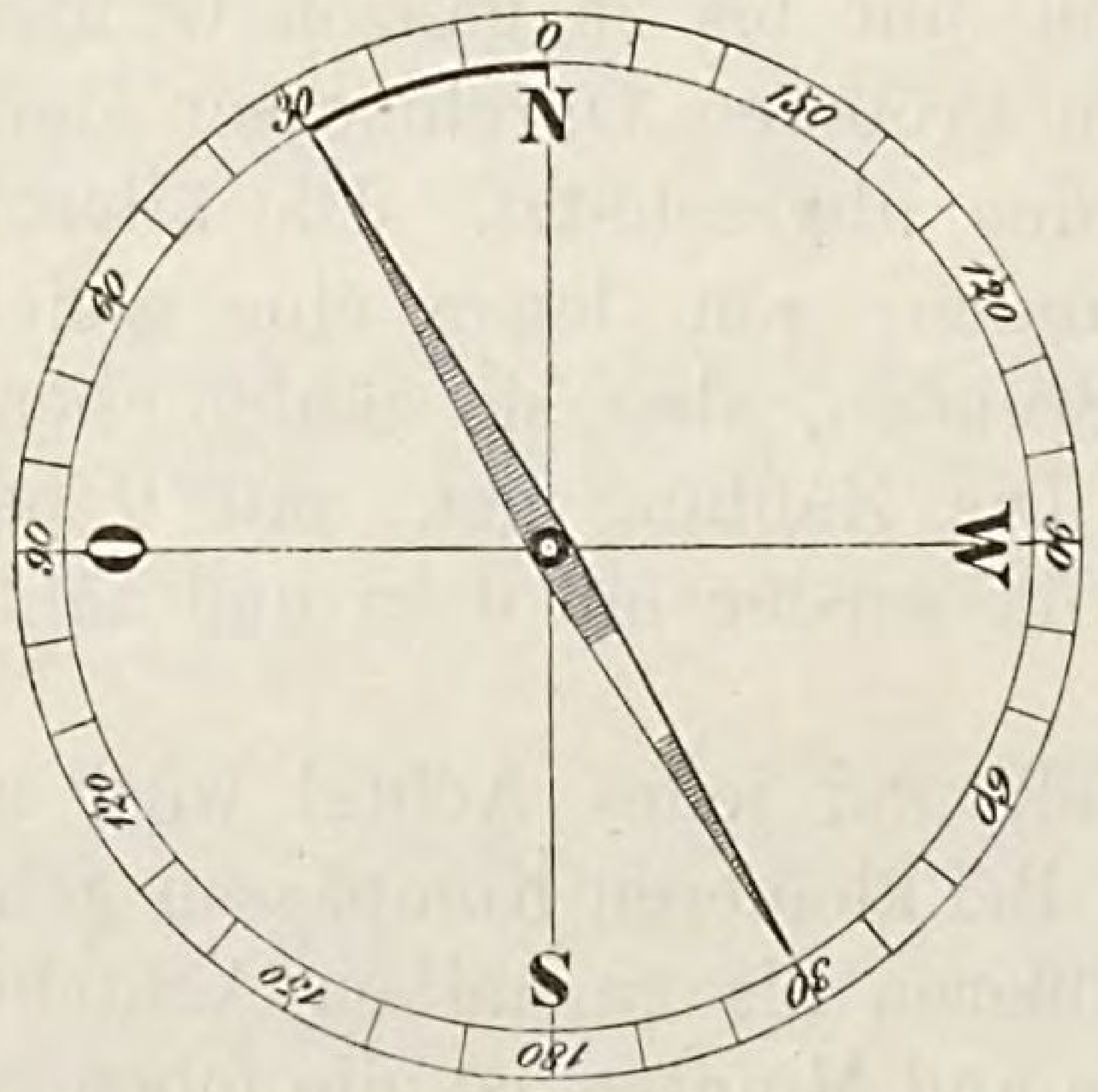


Fig. 151. Widersinnige Bezifferung der Kompaßteilung.

Bei dieser Drehung des Kompasses behält die freischwebende Magnetnadel ihre Richtung fortwährend bei und die Nordspitze beschreibt entgegengesetzt der Drehung den zu messenden Bogen (Fig. 151).

Will man also den Streichwinkel ohne weiteres ablesen, so muß auch die Bezifferung in dem Sinne der Bewegung der Nordspitze also widersinnig verlaufen und Ost und West müssen vertauscht sein. Sollte eine Uhr mit feststehendem Zeiger und rechtsinnig drehendem Zifferblatte die richtigen Stunden angeben, so müßten die Stundennummern auch umgekehrt wie sonst üblich zählen.

In den Vereinigten Staaten Nordamerikas ist die Bezifferung der Kompaßteilung so, daß sie von der Nord-Südlinie und zwar sowohl von dem Nord- als auch vom Südende aus, nach links und nach rechts bis 90 Grad geht. Die abgelesenen Winkel zählen der Bezifferung entsprechend, sind immer spitze und erhalten noch die Bezeichnung der Himmelsgegenden NO, NW, SO, SW.

Beim Theodoliten ist die Bezifferung rechtsinnig, da hier beim Winkelmessen der Hauptkreis mit der Teilung stehen bleibt und der Zeiger (der Nullstrich des Nonius) rechtsinnig mit dem Fernrohr gedreht wird.

§ 65. Soll ein Kompaß den Anforderungen des Markscheiders genügen, so hat er folgende Bedingungen zu erfüllen:

1. Er muß richtig eingeteilt sein.

2. Er soll keine oder doch keine zu großen Exzentrizitätsfehler besitzen.

3. Die Nadel muß den erforderlichen Grad von Empfindlichkeit haben und in der Höhe des Teilkreises (Stundenringes) schwingen.

Zu 1. Bei der jetzigen Vollkommenheit der Teilmaschine ist bei Instrumenten aus guten Werkstätten die Teilung immer als richtig vorauszusetzen.

Zu 2. Nach v. Miller-Hauenfels kann man unterscheiden:

a. Die konstante Exzentrizität, wenn Stiftspitze und Nadelenden nicht in einer Vertikalebene liegen.

b. Die gesetzmäßig veränderliche Exzentrizität, wenn die Stiftspitze exzentrisch zum Stundenringe steht.

c. Die gesetzlose Exzentrizität, wenn der Anfhängepunkt der Nadel im Hütchen veränderlich ist.

In allen Fällen zeigt der Fehler sich dadurch, daß die Ablesungen an den beiden Nadelspitzen nicht übereinstimmen, bezw. nicht genau um 180 Grad verschieden sind. Bleibt dieser Unterschied derselbe, wenn man durch Drehen des Kompasses die Nadelspitzen durch den ganzen Stundenkreis führt, so ist die konstante Exzentrizität vorhanden; wechselt

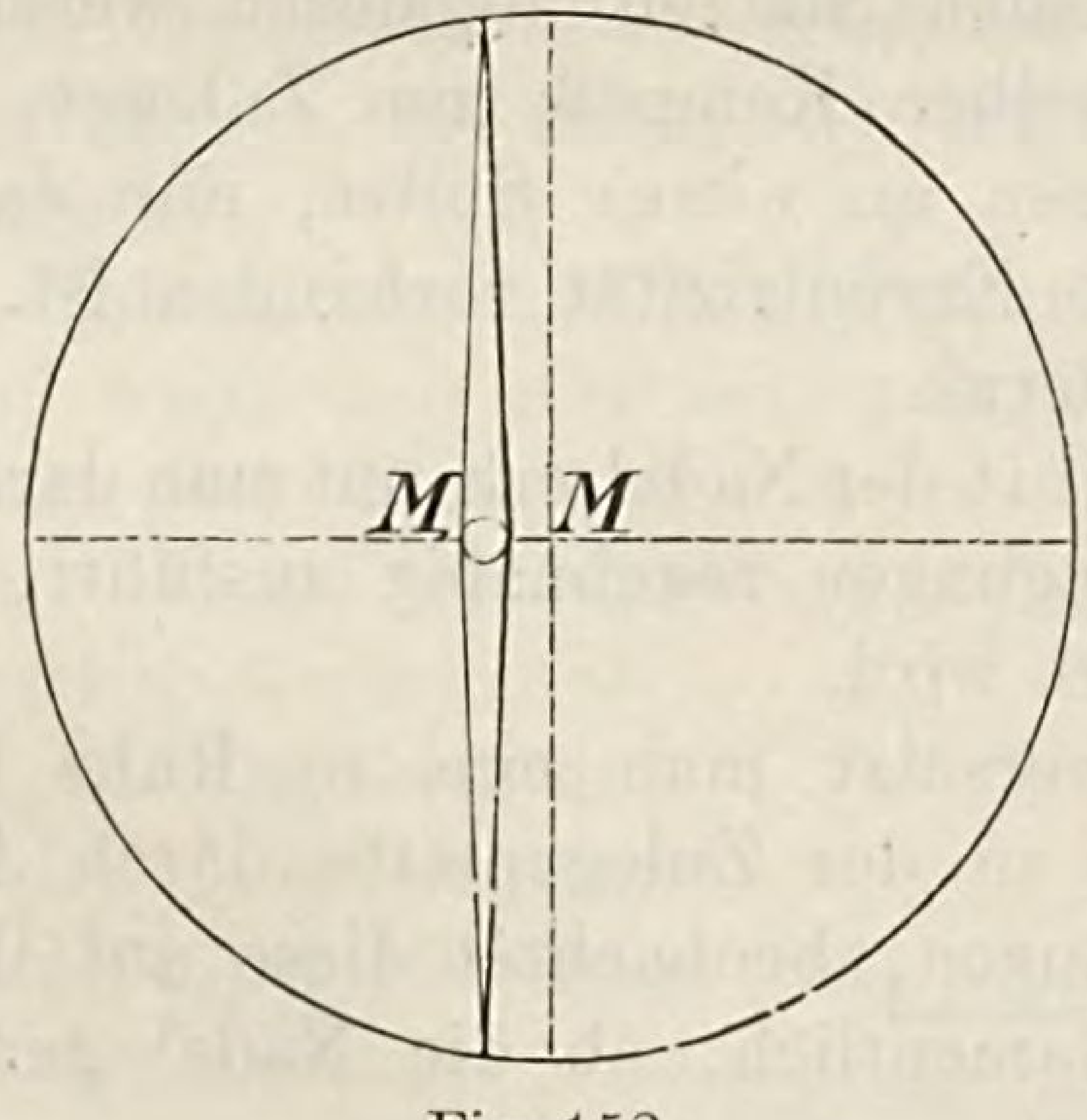


Fig. 152.

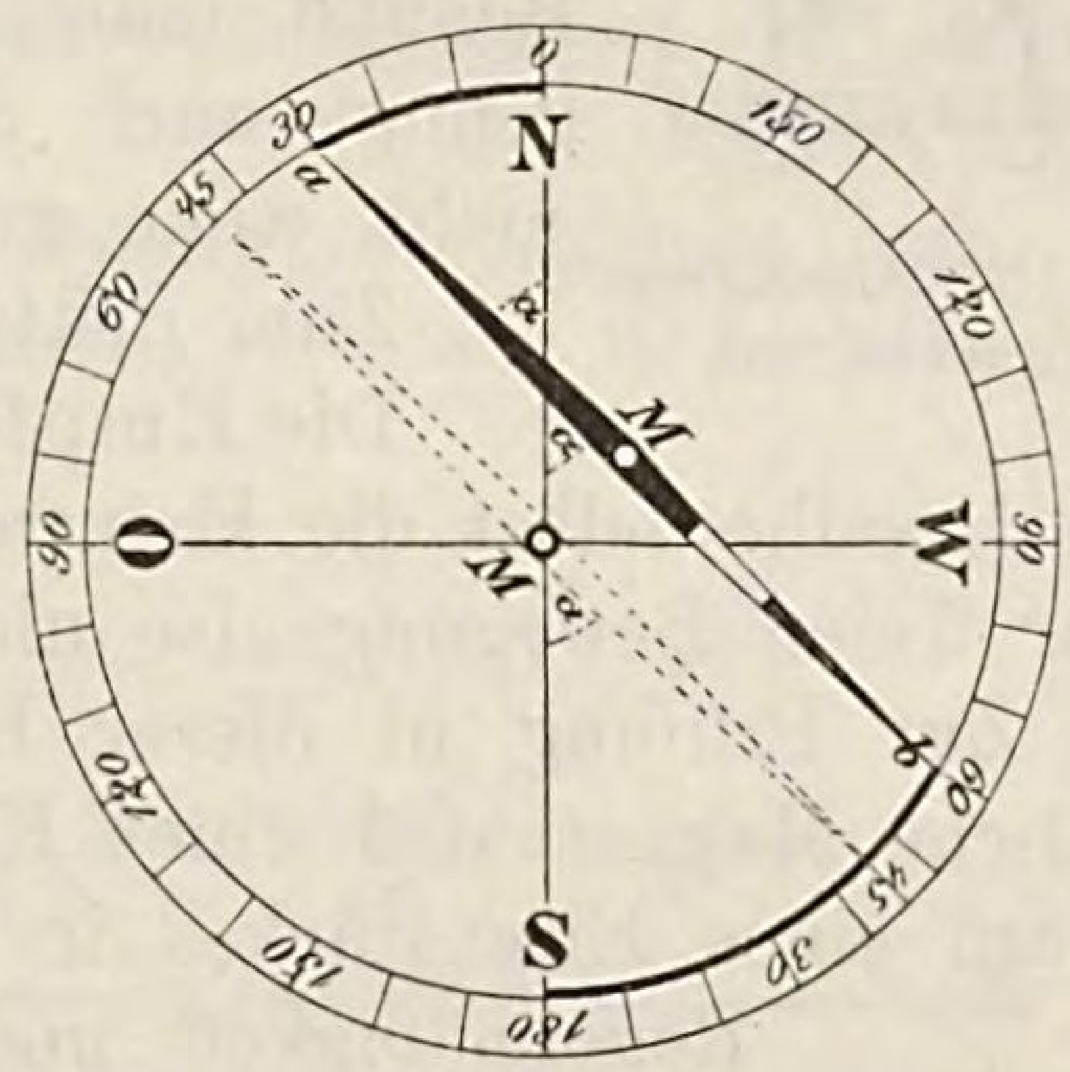


Fig. 153.

Exzentrizitätsfehler des Kompasses.

hierbei der Fehler und geht von einem Maximum allmählich zu einem Minimum über oder umgekehrt, so liegt die gesetzmäßig veränderliche Exzentrizität vor.

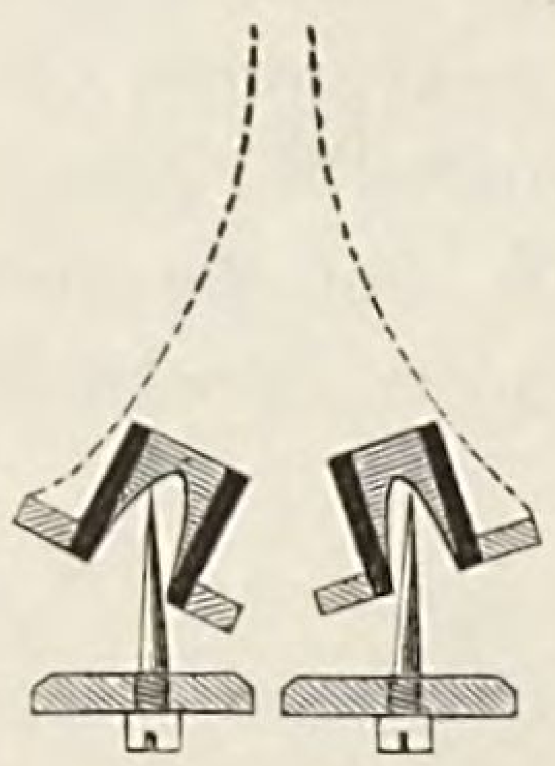
Die Abweichung vom wahren Streichwinkel ist am größten, wenn die Nadel auf der Verbindungslinie von dem Kompaßmittelpunkt und Stift M_1 M (Fig. 152) dagegen gleich Null, wenn die Nadelrichtung in diese Verbindungslinie selbst fällt. (Vergl. denselben Fehler am Theodoliten § 50.)

Der Fehler der Exzentrizität wird ausgeschieden, wenn man an beiden Nadelspitzen abliest und aus beiden Ablesungen das Mittel nimmt.

Der Beweis für die Richtigkeit des Verfahrens beruht in dem planimetrischen Lehrsatze, daß ein exzentrischer Winkel gleich ist dem arithmetischen Mittel aus den beiden Zentriwinkeln über den zwischen seinen Schenkeln liegenden Kreisbögen.

In Fig. 153 sei M der Kompaßmittelpunkt und M_1 der (übertrieben gezeichnete) exzentrische Stand des Stiftes. Die freischwingende Nadel schließt mit der Nord-Südlinie den Winkel $\alpha = 45^0$ ein, zeigt aber mit der Nordspitze auf 30 Grad, mit der Südspitze auf 60 Grad. Das Maß des Winkels α ist das arithmetische Mittel aus den Bögen Sb und Na, nämlich gleich 45 Grad. Denselben Wert würde man an einer genau zentrisch aufgehängten Nadel (in der Figur punktiert) sogleich abgelesen haben.

Zum Erkennen der gesetzlosen Exzentrizität übe man mit einem dünnen Abschnitzel eines Federkiels oder Fischbeins einen kleinen seitlichen Druck erst von der einen, dann von der anderen Seite des Hütchens aus (Fig. 154) und lese jedesmal ab.


Fig. 154. Gesetzlose Exzentrizität.

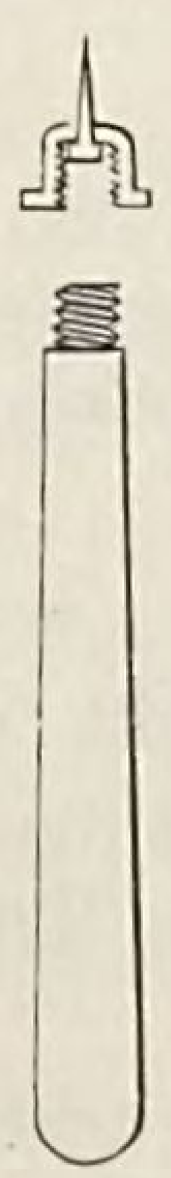
Geben beide Streichwinkel eine merkliche Abweichung, so hat man es mit der gesetzlosen Exzentrizität zu thun. Nadeln mit diesem Fehler sind zu verwerfen.

Bei vorhandener Exzentrizität sollte nach dem oben Gesagten immer an beiden Spitzen abgelesen werden. Benutzt man aber denselben Kompaß zum Zulegen, so genügt auch das Ablesen an einer Spitze, nur dann nicht, wenn gesetzlose Exzentrizität vorhanden ist.

Zum dritten Erfordernis:

Die Empfindlichkeit der Nadel erkennt man daran, daß dieselbe selbst die kleinsten Schwingungen regelmäßig ausführt, in ihrer freien Bewegung also nicht gestört wird.

Zur Prüfung in dieser Hinsicht versetzt man eine in Ruhe befindliche Magnetnadel eines Kompasses in der Zulegeplatte durch Annähern eines Eisenstückes in Schwingungen, beobachtet diese auf ihre Regelmäßigkeit und prüft namentlich, ob die Nadel genau den vorher abgelesenen Stand wieder einnimmt.


Fig. 155. Handhabe zum Schleifen des Kompaßstiftes.

Die Empfindlichkeit der Nadel hängt ab:

a. von der fehlerfreien Spitze, auf der sie schwingt,

b. von der guten Beschaffenheit des aus Achat oder Stahl hergestellten Futters des Hütchens.

c. von der magnetischen Kraft der Nadel.

Zeigt die Nadel sich träge, so wird die Ursache meistens in der fehlerhaften, abgenutzten oder stumpfen Spitze des Stiftes zu suchen sein. Verbessert wird dieselbe durch vorsichtiges Schleifen auf einem feinen Arkansasölsteine unter fortwährender Drehung des Stiftes und durch nachheriges Polieren auf feinem Schmirgelpapier. Zu diesem Zwecke muß der Stift herausgeschraubt und in einer Handhabe (Fig. 155) befestigt werden.

Die Stiftspitze wird am leichtesten beschädigt durch ein zu schnelles Lösen der Nadelklemmung. Die Nadel fällt dann hart auf die Spitze auf und, ist auch die Nadel nicht schwer und die Fallhöhe

nicht groß, so ist bei regelmäßiger Wiederholung der üble Einfluß doch bald bemerkbar. Die durch Schrauben in Wirkung gesetzten Klemmungen gestatten ein sanftes Aufsetzen der Nadel.

Hat die Trägheit der Magnetnadel ihren Grund in der geringen magnetischen Kraft (was übrigens selten der Fall ist), so wird man ihr dieselbe mitteilen mittels des einfachen oder doppelten Striches.

Zu diesem Zwecke legt man die umgedrehte Nadel auf ein ebenes Brett, das mit einer Vertiefung für das Hütchen versehen ist, und streicht mit einem Magnetstabe mehrere Male von einer Spitze der Nadel bis zur anderen, wobei anfänglich der Südpol des Stabes auf die Nordspitze der Nadel gesetzt werden muß. Man setzt auch das eine Ende des Magneten in der Mitte der Nadel auf und streicht nach dem einen Ende zu, dreht sodann den Magnetstab um und streicht das andere Ende der Nadel, wieder in der Mitte beginnend, in entgegengesetzter Richtung. Hierbei muß der Südpol des Magneten die Nordspitze der Nadel bestreichen und umgekehrt. In allen Fällen ist ein Rückwärtsstreichen zu vermeiden und dem Magnetstabe eine Neigung von ca. 30° zu geben.

Hat man zwei Magnetstäbe zur Verfügung, so streicht man die Nadel wiederholt mit beiden Stäben gleichzeitig von der Mitte nach den Enden, wie Fig. 156 zeigt. Hierbei ist ebenfalls ein Rückwärtsstreichen zu vermeiden und von den Magnetstäben ist der Südpol des einen und der Nordpol des anderen zu benutzen.

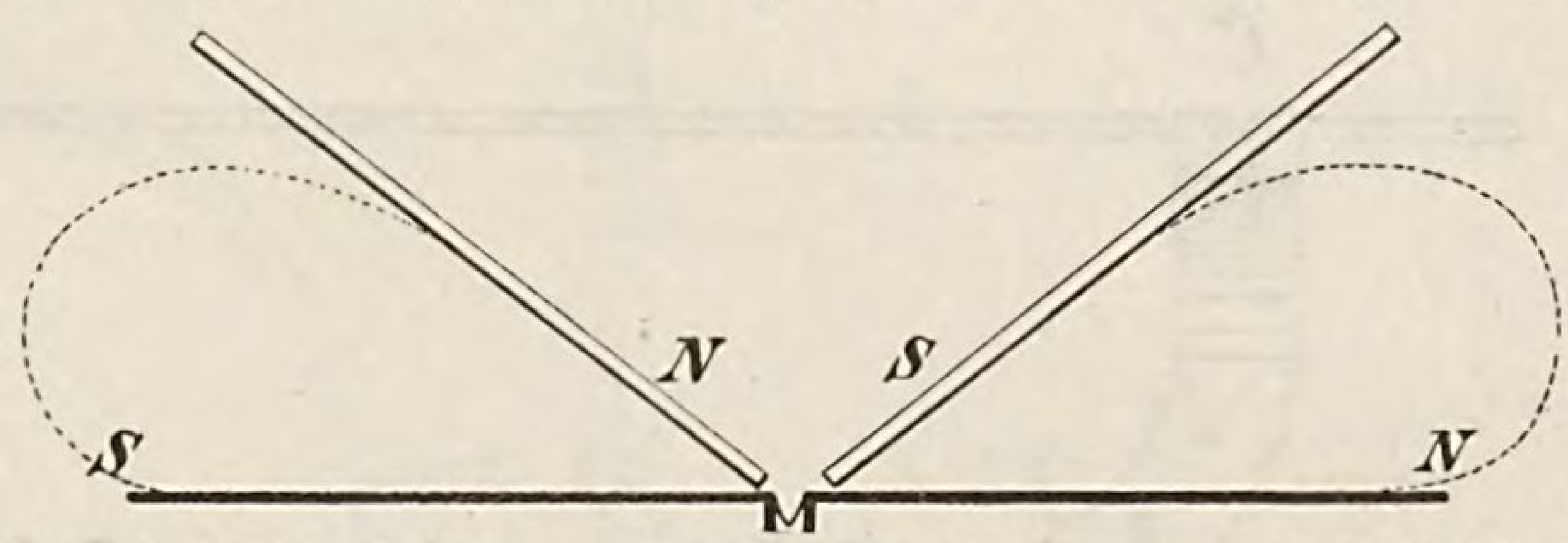


Fig. 156. Magnetisieren der Nadel mit dem doppelten Strich.

Setzt man aus Versehen die falschen Pole der Magnetstäbe auf die Nadel und verfährt wie oben, so *magnetisiert* man die Nadel *um*, d. h. die Nordspitze wird zur Südspitze und umgekehrt. Hierdurch wird die Nadel unbrauchbar, da die so schon schwerere Südspitze, die nun zur Nordspitze geworden ist, durch die Inklination noch mehr herabgezogen wird und auf der Bodenplatte aufliegt.

Hebt das Schleifen des Stiftes und das Magnetisieren der Nadel ihre Trägheit nicht auf, so ist der Fehler im Hütchen zu suchen und die Nadel ganz zu verwerfen.

Recht empfindliche Nadeln schwingen sehr lange, ehe sie zur Ruhe kommen und zeigen oft ein sehr lästiges Zittern. Durch eine Art Luftdämpfung kann man dem Übel abhelfen, wenn man unter die Nadel feine Glimmerblättchen *aa* (Fig. 157) hochkantig aufkitten läßt.

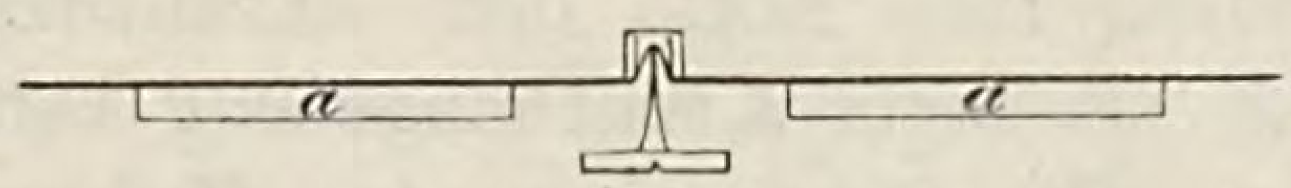


Fig. 157. Luftdämpfung der Magnetnadel.

Auch eine runde über das Hütchen der Nadel zentrisch aufgesteckte

dünne Glimmerplatte dämpft die Schwingungen und das Zittern der Nadel sehr gut (Fig. 158), dürfte aber leicht die Reibung zwischen Stift und Hütchen zu sehr vermehren.

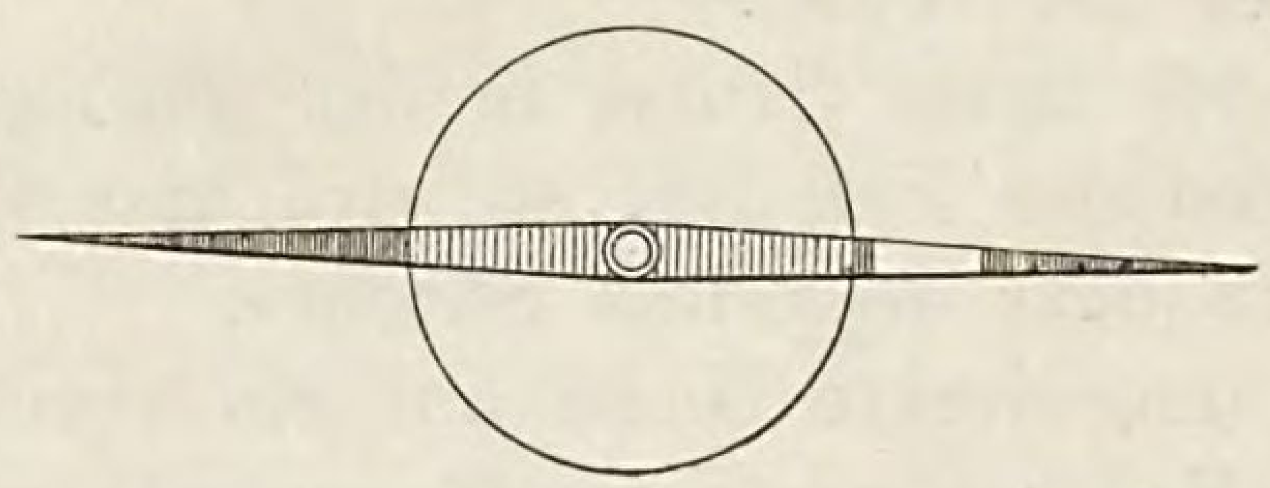


Fig. 158. Luftdämpfung der Magnetnadel.

Anm. Letztere Dämpfung erinnert an die „Rose" der Schiffskompässe.

Selbstverständlich darf die Kompaßbüchse außer Stift und Nadel keine Teile enthalten, die ablenkend auf den Magneten wirken. Man nähert zu dieser Untersuchung den Kompaßnapf, nachdem der Stift herausgeschraubt und nebst der Nadel entfernt worden ist, einer zweiten empfindlichen Kompaßnadel und beobachtet, ob diese aus ihrer Ruhelage gebracht wird.

Dieselbe Untersuchung wird man mit dem später zu besprechenden Hängezeuge und mit der Zulegeplatte ebenfalls anstellen.

§ 66. **Das Hängezeug.** Der Markscheider gebraucht den Kompaß in der Grube im Hängezeug als Hängekompaß. Das von Studer erfundenene jetzt gebräuchliche Hängezeug besteht aus Hängebügel *A*

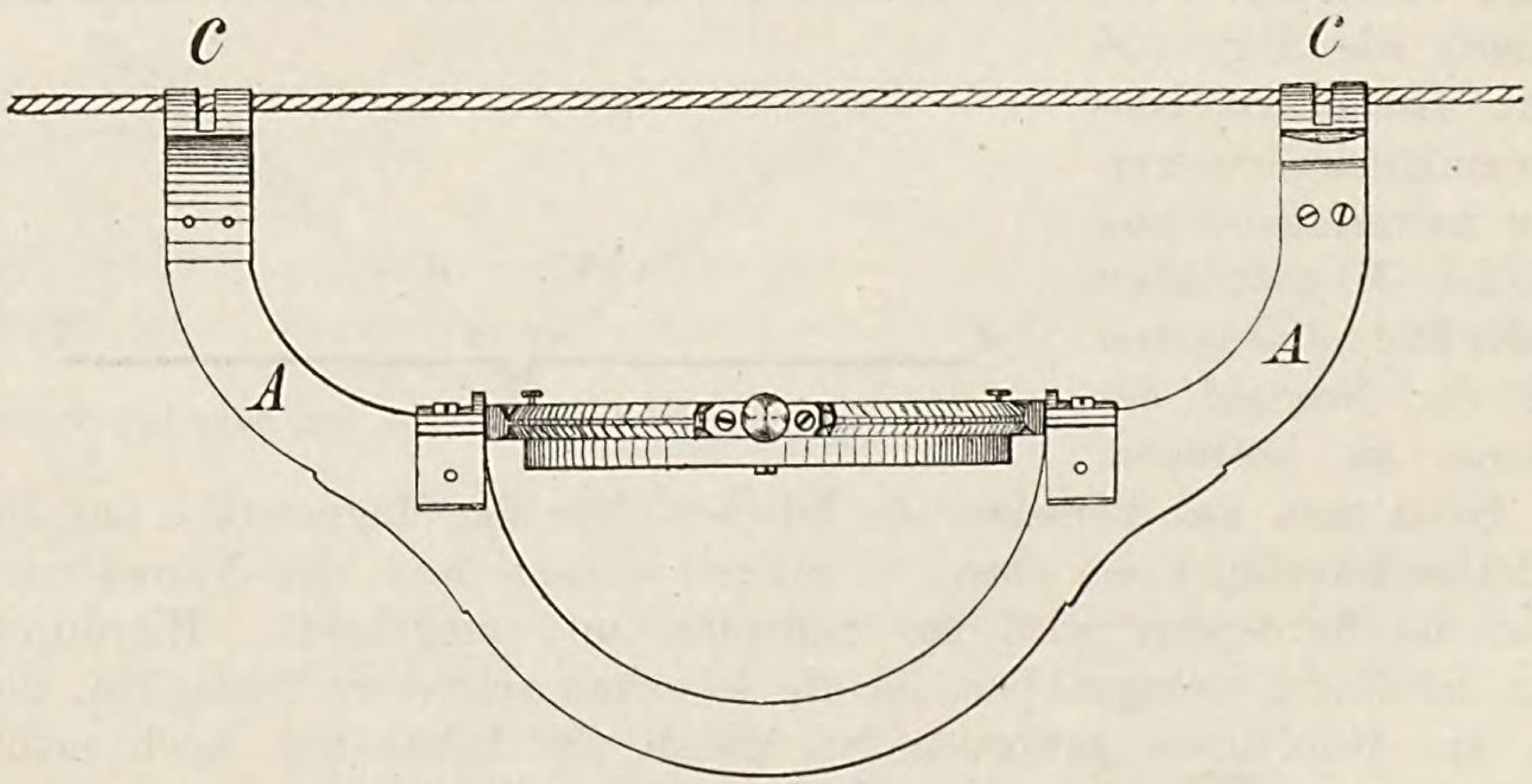


Fig. 159. Der Hängekompaß. Seitenansicht.

(Fig. 159) und Kompaßring (Fig. 161). Die bogenförmigen Ansätze geben durch ihre Form dem daransitzenden Haken einen größeren Abstand, als sie beim Kreuzhängezeug hatten.

Die Schlitze in den Haken dienen, wie Fig. 162 andeutet, zum Einschieben eines Vorsteckers, der den Haken an die stark geneigte Schnur klemmt und so ein Herabgleiten des Kompasses verhindert.

Der Kompaßring (Fig. 161) ist mittels zweier Zapfen *ZZ*, die in Pfannen *PP* (Fig. 160) des Hängebügels ruhen, mit letzterem verbunden. Die Zapfen *ZZ* bilden die Kippachse des Kompaßringes. An diesen

Zapfen sitzen zwei Aufschlageplättchen *aa*, die dem Kompaßringe nur ein Kippen von 90° gestatten und die beiden Stellungen begrenzen, welche der Kompaßring einnehmen soll. Die Pfannen und Pfannen-

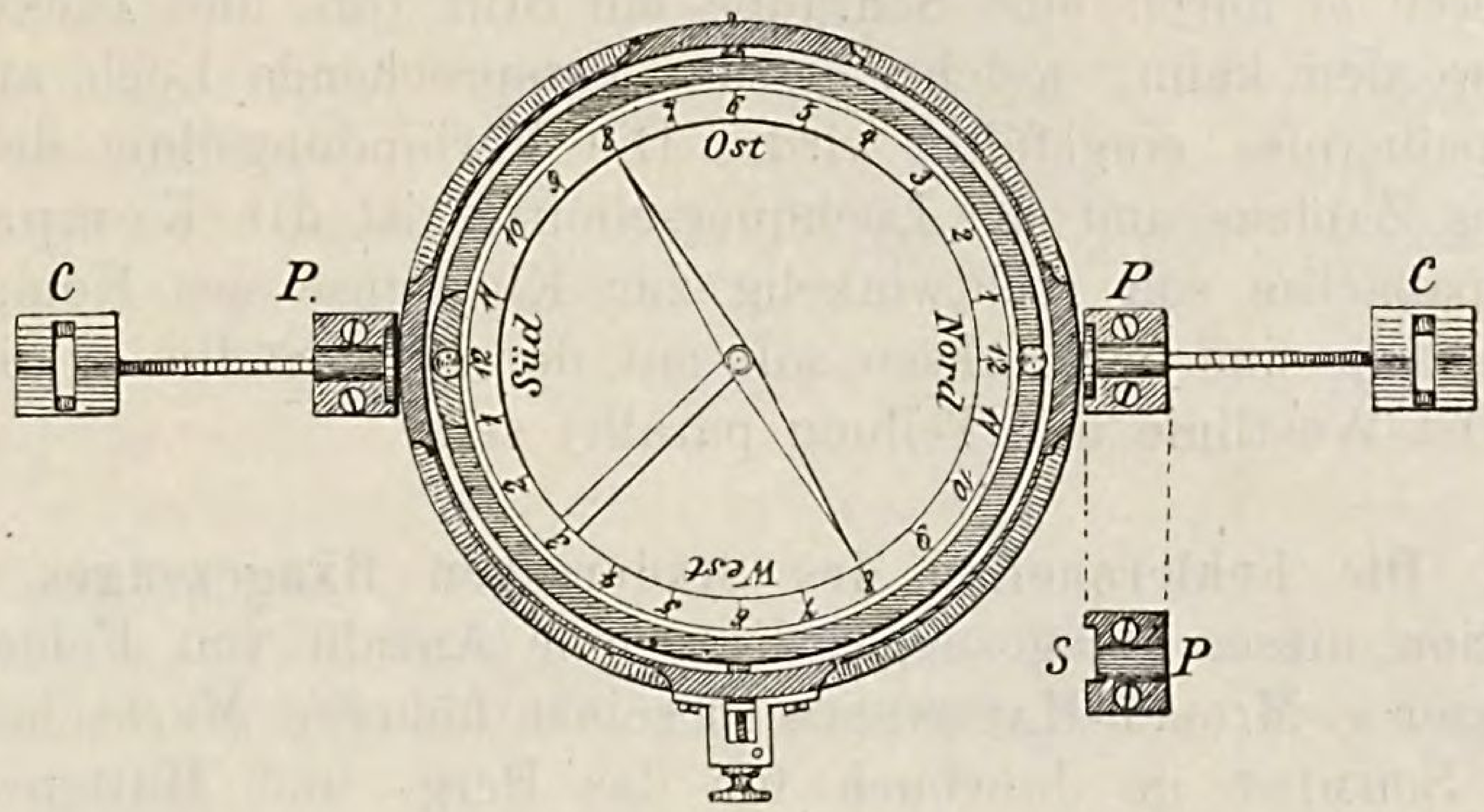


Fig. 160. Der Hängekompaß von oben gesehen.

deckel *PP* in Fig. 160 sind mit einem Ausschnitt *S* versehen zum Durchlassen der Aufschlageplättchen.

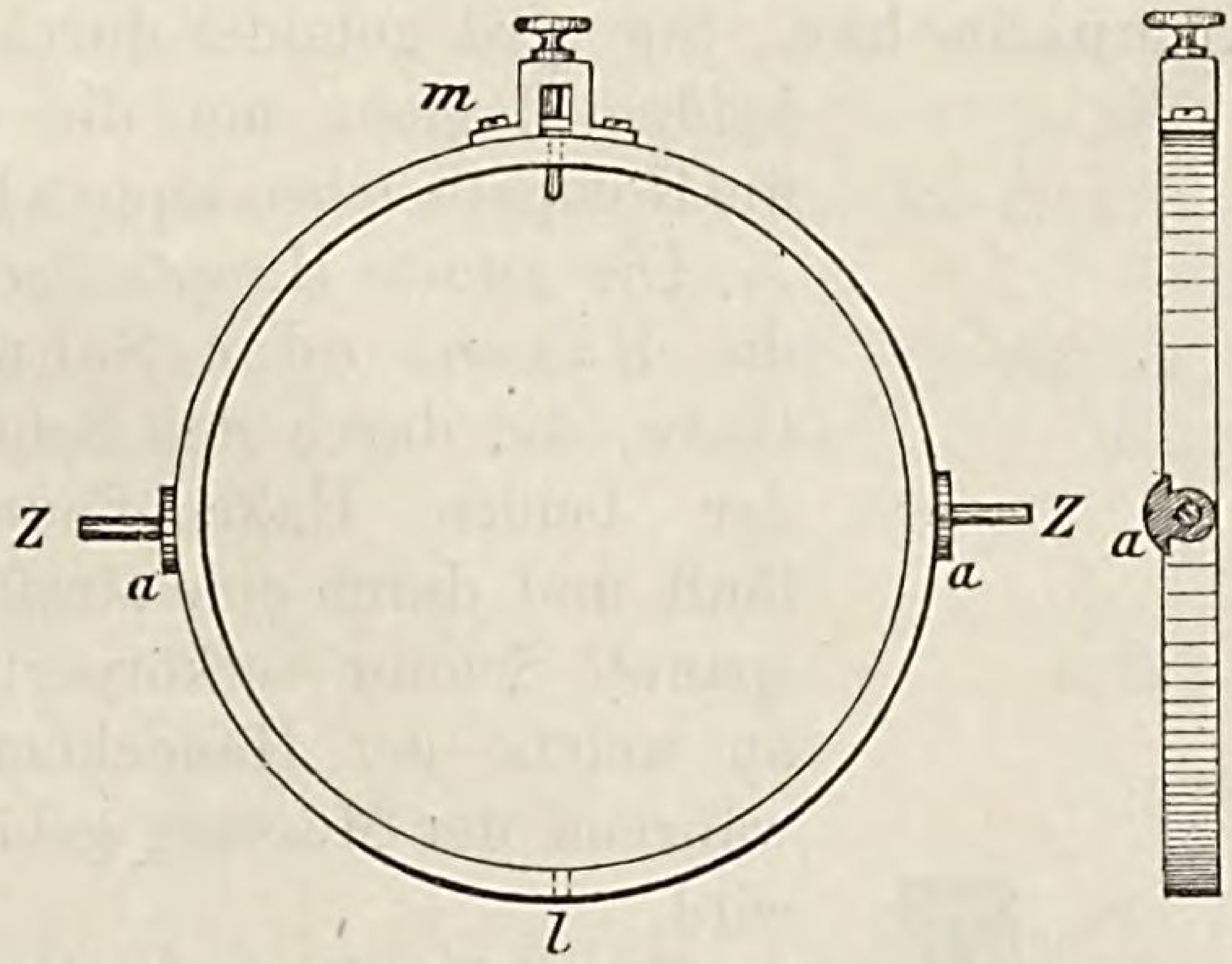


Fig. 161. Kompaßring.

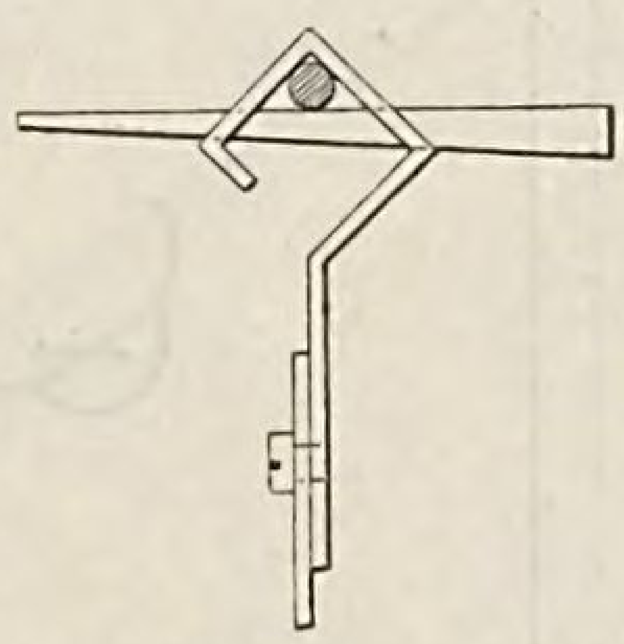


Fig. 162. Vorstecker bei steiler Schnur.

Zur Regelung der rechtwinkeligen Stellung wird in neuerer Zeit das Schräubchen *S* in Fig. 163 angebracht.

In der Gebrauchsstellung soll der Kompaßring rechtwinkelig zum Hängebügel stehen und um 90° gedreht soll seine Ebene mit der des Hängebügels zusammenfallen.

In letzterer Stellung nimmt das Hängezeug den wenigsten Raum ein und wird so in einer besonderen Umschnalltasche aufbewahrt.

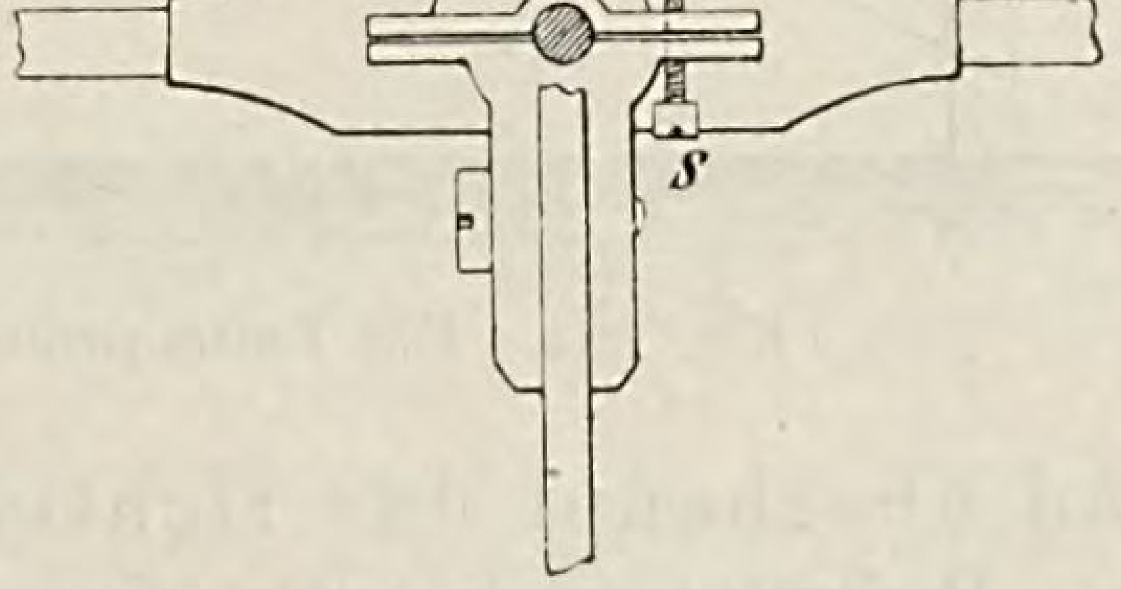


Fig. 163. Berichtigung der Stellung des Kompaßringes.

Im Kompaßringe sind zwei um 90° von den Zapfen abstehende Löcher angebracht, von denen das eine *l* (Fig. 161) zur Aufnahme eines entsprechenden Zapfens des Kompaßnapfes bestimmt ist, während in dem anderen *m* durch eine Schraube ein Stift vor- und rückwärts geschoben werden kann, welcher in das entsprechende Loch am Rande des Kompaßnapfes eingeführt wird. Die Verbindungslinie der Mittelpunkte des Zapfens und des Lochquerschnittes ist die Kompaßachse. Die Kompaßachse soll rechtwinkelig zur Kippachse des Kompaßringes stehen und die eine der Achsen soll mit der Nord-Südlinie, die andere mit der Ost-Westlinie der Teilung parallel sein.

§ 67. **Die Fehlerquellen des Studerschen Hängezeuges.** In der Konstruktion dieses Hängezeuges liegt eine Anzahl von Fehlerquellen, die Professor v. Miller-Hauenfels in seiner höheren Markscheidekunst, Professor Schmidt im Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen 1887 und Professor P. Fenner in der Zeitschrift für Vermessungswesen 1890 Heft 4 und 1894 Heft 1 beschrieben haben.

Das Wichtigste ist folgendes:

Man hat am Hängezeug drei Achsen zu unterscheiden.

Die wichtigste ist die Kompaßachse. Sie wird gebildet durch die beiden Zapfen, um die sich die Kompaßbüchse kippen läßt.

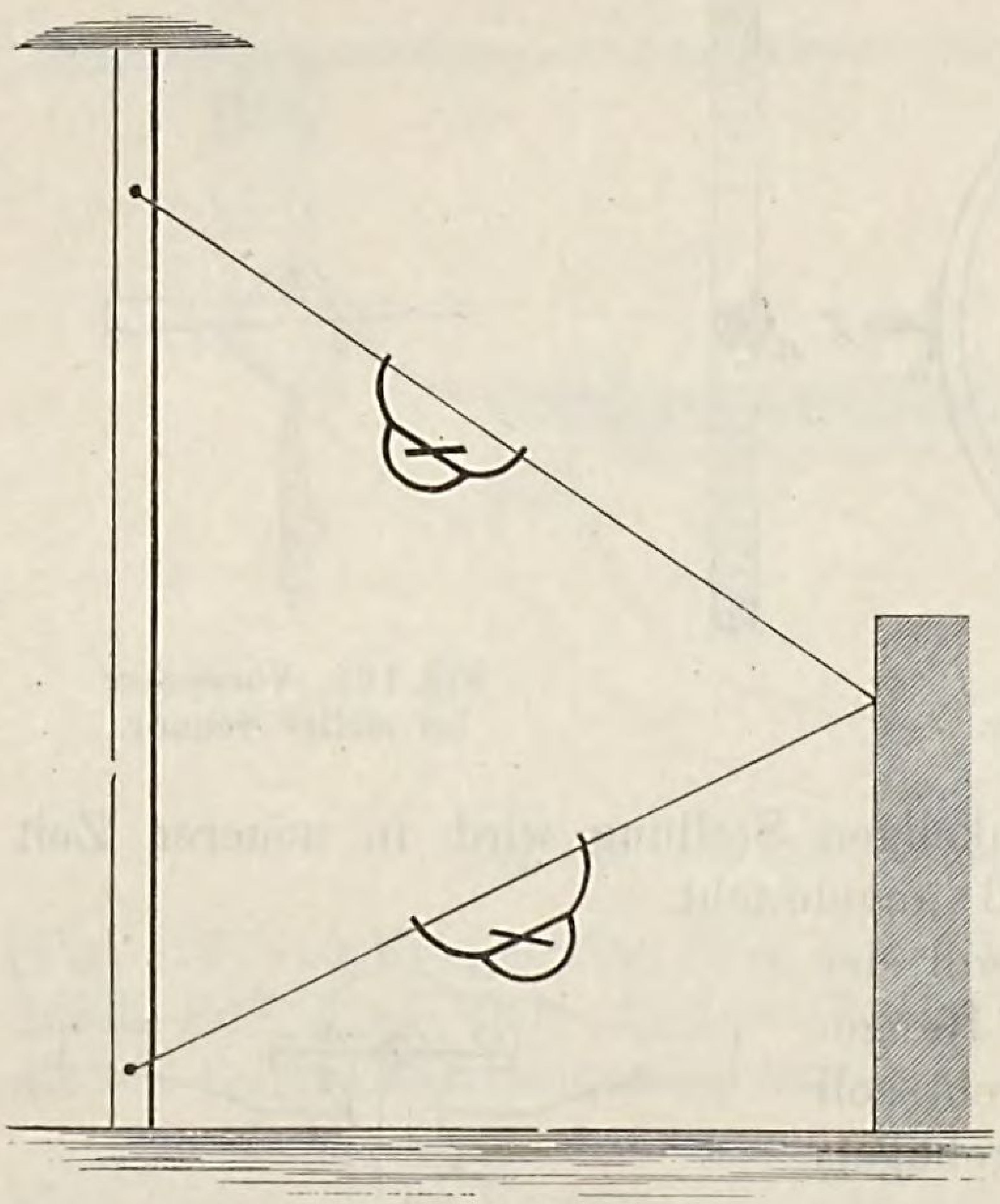


Fig. 164. Die Lattenprobe.

Die zweite Hauptachse ist die Haken- oder Schnurlinie, die durch den Scheitel der beiden Hakenöffnungen läuft und durch eine straff gespannte Schnur verkörpert ist, an welche der Hängekompaß während der Messung gehängt wird.

Die dritte Linie ist die mit *NS* bezeichnete Nord-Südlinie oder Nullinie der Kompaßteilung, die rechtwinkelig zur Ost-Westlinie steht.

Der Hängekompaß soll für sämtliche flache Schnüre, die in einer und derselben Seigerebene liegen, dasselbe Streichen und überhaupt das richtige Streichen angeben.

Befestigt man das eine Ende der Schnur an einem Punkte und führt das andere Ende an einer etwas vom Befestigungspunkte entfernten

genau senkrecht geschlagenen Latte auf und ab, so soll bei jeder Neigung der Schnur derselbe Streichwinkel abgelesen werden. Man nennt dieses schon alte Verfahren die Lattenprobe (Fig. 164).

Zum Bestehen dieser Probe ist erforderlich:

1. daß die Hakenlinie rechtwinkelig ist zur Kompaßachse (Kollimationsfehler),

2. daß der Teilkreis und damit auch die Kompaßachse horizontal hängt (Neigungsfehler).

Außerdem muß, wenn der Hängekompaß den richtigen Streichwinkel angeben soll,

3. die Nulllinie rechtwinkelig liegen zur Kompaßachse (Orientierungsfehler).

Selbstverständlich können alle Fehler gleichzeitig auftreten und wirken, aber es soll jeder der Fälle unabhängig von dem anderen besprochen werden.

Der Kollimationsfehler läßt sich nach Schmidt ermitteln durch einen Apparat, der ein Drehen des vom Kompaß getrennten Hängezeuges um die horizontal gestellte Kompaßachse gestattet. Die Hakenlinie wird durch ein eingesetztes Visierröhrchen zum Visieren eingerichtet und eine scharf markierte senkrechte Linie angezielt. Sodann wird das Hängezeug um die unterstützte Kompaßachse gedreht, entsprechend dem Durchschlagen des Fernrohres, so daß die Haken nach unten stehen, also aus den Stellungen *a* und *b* nach *a'* und *b'* kommen (Fig. 165). In dieser Lage zielt man wieder in der Hakenlinie, und diese muß, wenn kein Kollimationsfehler vorhanden ist, die vorher angezielte Lotlinie treffen.

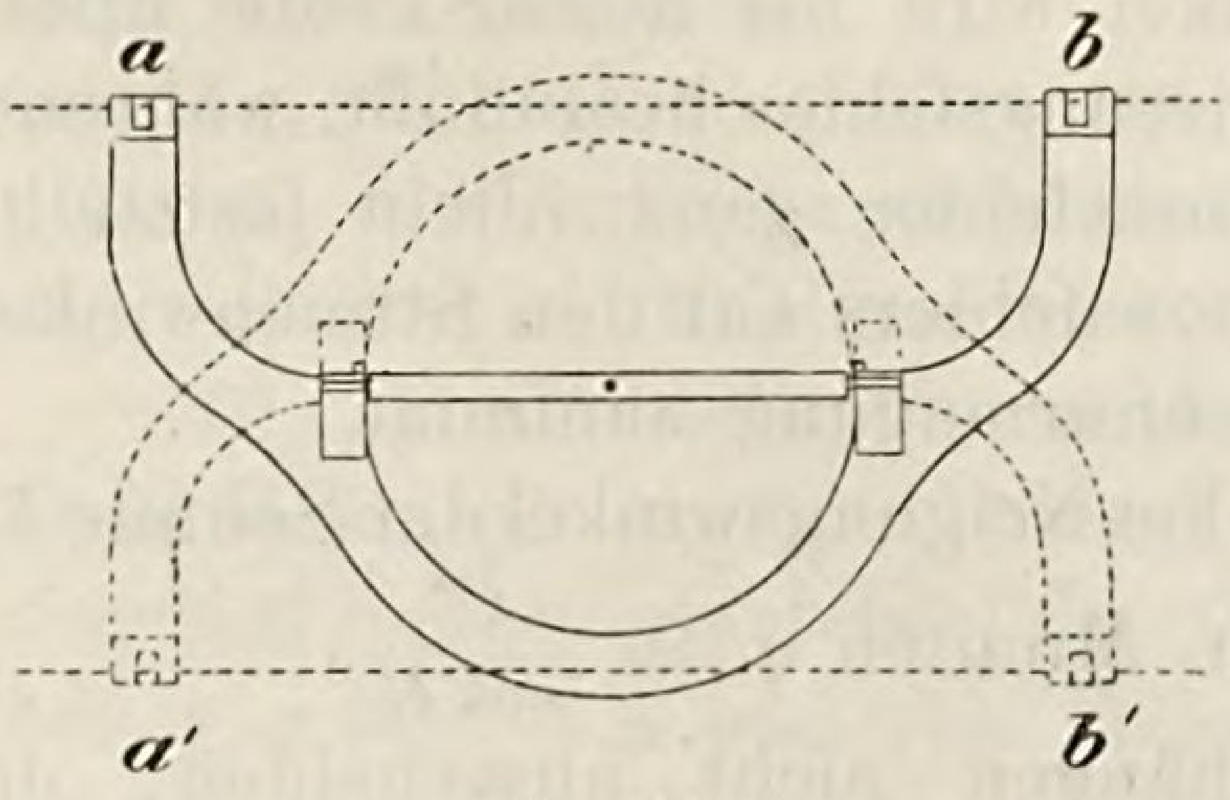


Fig. 165.

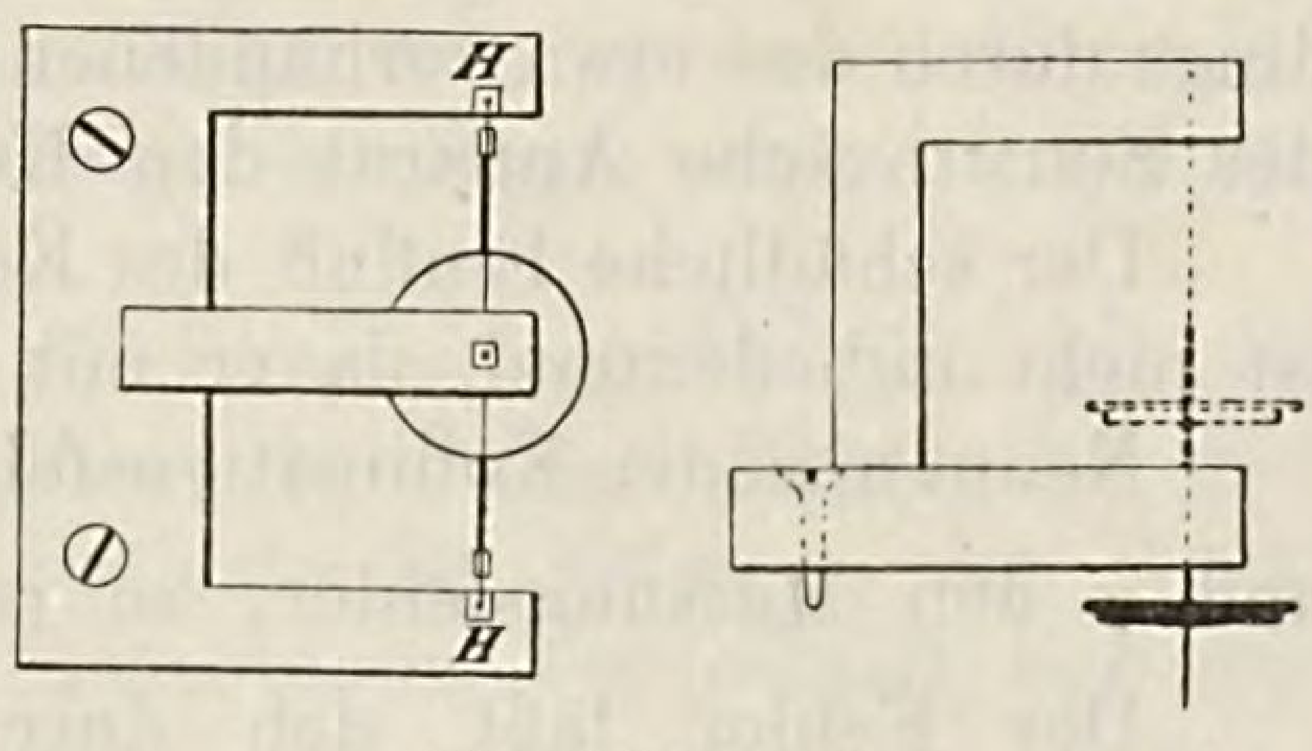


Fig. 166a u. b.

Prüfung des Hängezeuges.

Zeigt sich eine seitliche Abweichung, so entspricht diese dem doppelten Kollimationsfehler. An einer Millimeterskala, die mit ihrem Nullpunkte hinter die angezielte Senkrechte gehalten wird, kann man die Abweichung ablesen und daraus und der Entfernung der Skala von der Kompaßachse den Fehler berechnen.

Eine andere sehr einfache Vorrichtung zur Auffindung des Kollimationsfehlers, die jeder Markscheider sich leicht herstellen kann, zeigt Fig. 166 a u. b. Der Kompaß wird an dem straff und horizontal gespannten

Draht *HH* aufgehängt und der Streichwinkel abgelesen. Sodann bringt man den Kompaß in eine Lage, die Fig. 167 in der Seitenansicht in punktierten Linien andeutet. Das Hängezeug ist 180 Grad um die Hakenlinie gedreht und die falsch stehende Kompaßachse, die in der ersten Lage die Stellung *aa* in der Fig. 168 hatte, nimmt nach der Drehung die Stellung *bb* ein.

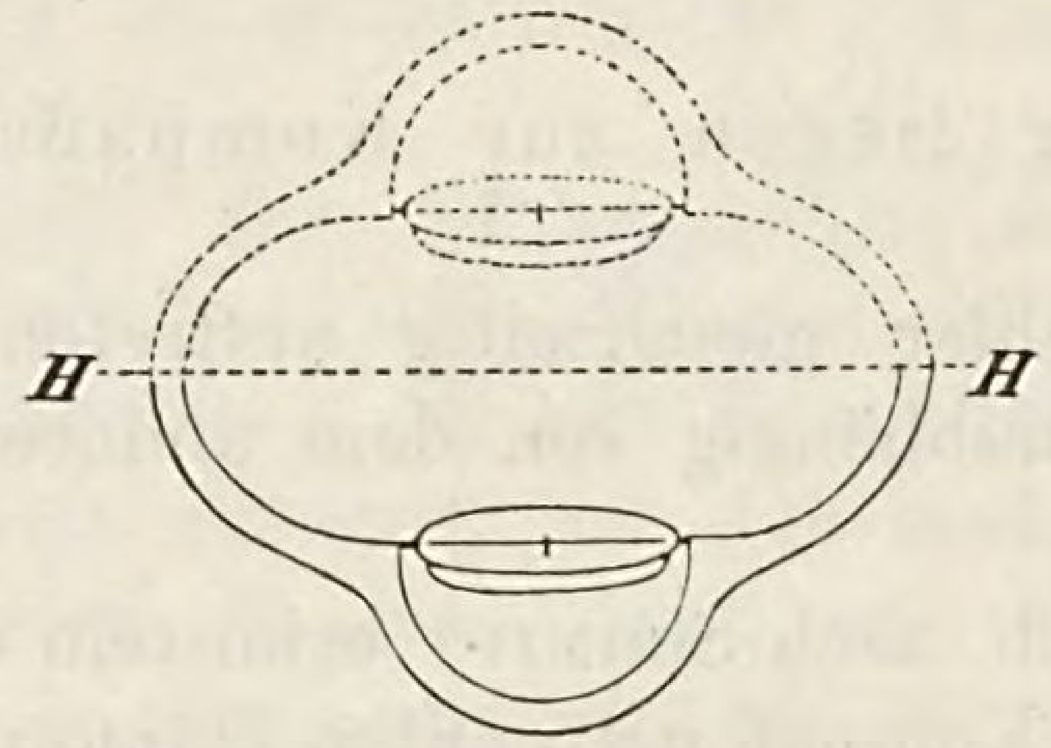


Fig. 167.

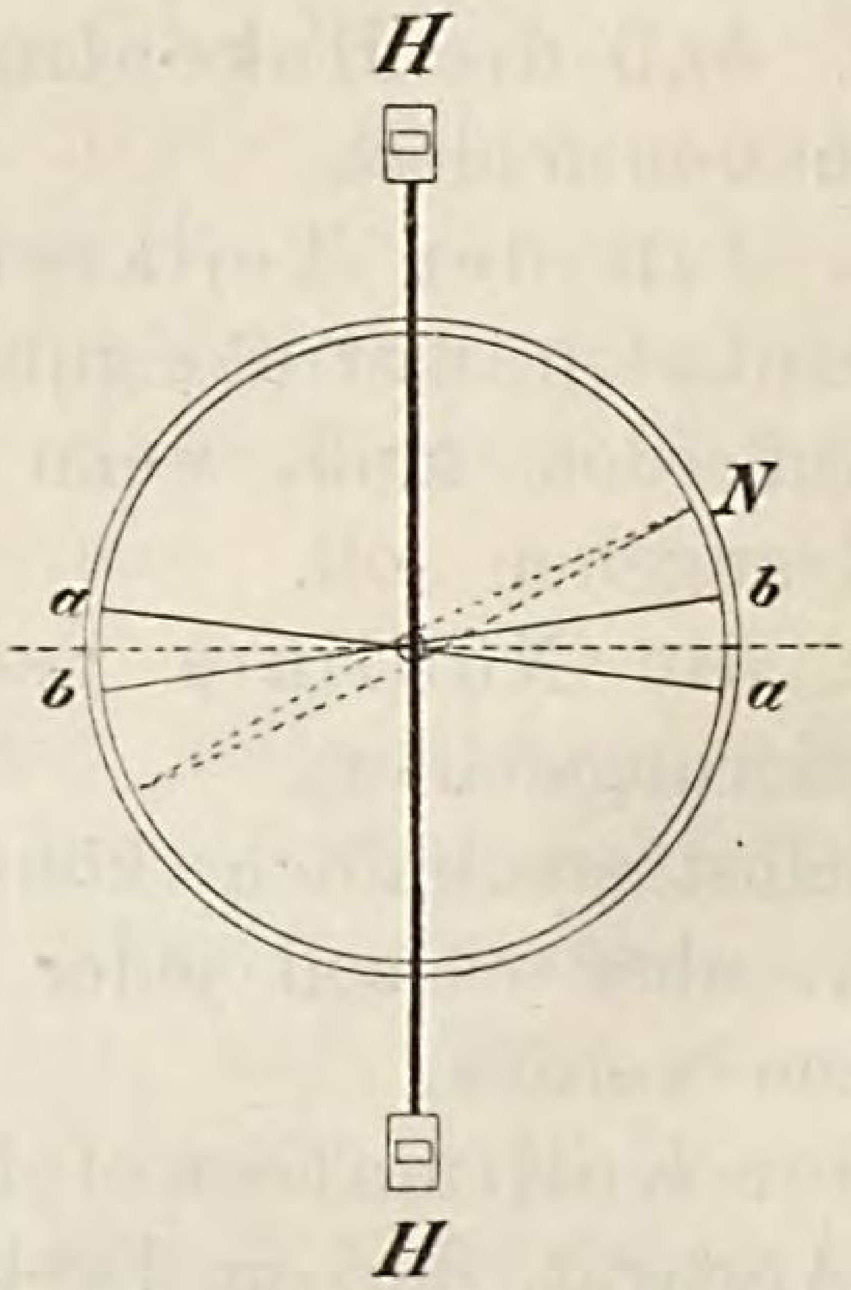


Fig. 168.

Prüfung des Hängezeuges.

Die Kompaßbüchse dreht sich, da der Schwerpunkt unter ihrer Achse liegt, von selbst so, daß die Teilung oben ist, und da die Nadel ihre Richtung in beiden Lagen des Hängezeuges beibehält, so wird man einen um den Bogen *ab* verschiedenen Wert des Streichwinkels erhalten. Der Bogen *ab* ist gleich dem doppelten Kollimationsfehler. Die Beobachtungen sind am bequemsten auszuführen, wenn die Schnur *HH* ein Streichen von 90^0 bezw. Stunde 6 hat. Der Fehlerwinkel wird bei dieser Probe allerdings durch den etwa vorhandenen Orientierungsfehler beeinflußt, während der Schmidtsche Apparat den Kollimationsfehler ganz allein feststellt.

Der schädliche Einfluß des Kollimationsfehlers auf den Streichwinkel ist nicht unbedeutend, da er mit der Schnurneigung zunimmt.

Nennt man den Kollimationsfehler C, den Neigungswinkel der Schnur E, und φ den Messungsfehler, so ist φ in Minuten $\varphi' = \frac{C'}{\cos E}$.

Der Fehler läßt sich durch Umhängen nicht ausscheiden, da $\cos(-E)$ gleich ist $\cos E$. Er wächst umgekehrt proportional zum Kosinus des Neigungswinkels und nimmt bei starken Neigungswinkeln sehr rasch zu.

Zahlenbeispiel. $C = 15'$.

Ist $E =$	0^0	15^0	30^0	45^0	60^0	75^0	80^0	85^0
so ist $\varphi' =$	$15'$	$15'$	$17'$	$21'$	$30'$	$58'$	$86'$	$172'$

Das Hängezeug besitzt keine Vorrichtungen zur Beseitigung des Fehlers, man kann nur durch vorsichtiges Biegen der Hakenarme dem Übel abhelfen.

§ 68. **Der Neigungsfehler.** Der Neigungsfehler kann ein doppelter sein. Einmal kann die Kompaßachse und dann auch die Nulllinie geneigt sein.

A. Die Kompaßachse stehe nicht horizontal.

In Fig. 169 denke man sich um den Kompaßstift M eine Kugel mit der halben Kompaßachse MA beschrieben. Gegen den horizontalen Großkreis $SACN$ sei die Kompaßachse MO um den Winkel φ geneigt. Wird nun das Hängezeug um die Horizontalachse MA, die in der Vertikalebene der schrägen Kompaßachse liegt, gedreht, so beschreibt die schief stehende Achse einen Kegelmantel und der Endpunkt O einen Kugelkreis, dessen Ebene rechtwinkelig zu MA steht. Ist die Drehung um den Winkel E erfolgt, so ist der Endpunkt der Achse O nach B gelangt, der Teilkreis wird also im horizontalen Sinne verdreht, während die Nadel ihre Richtung beibehält.

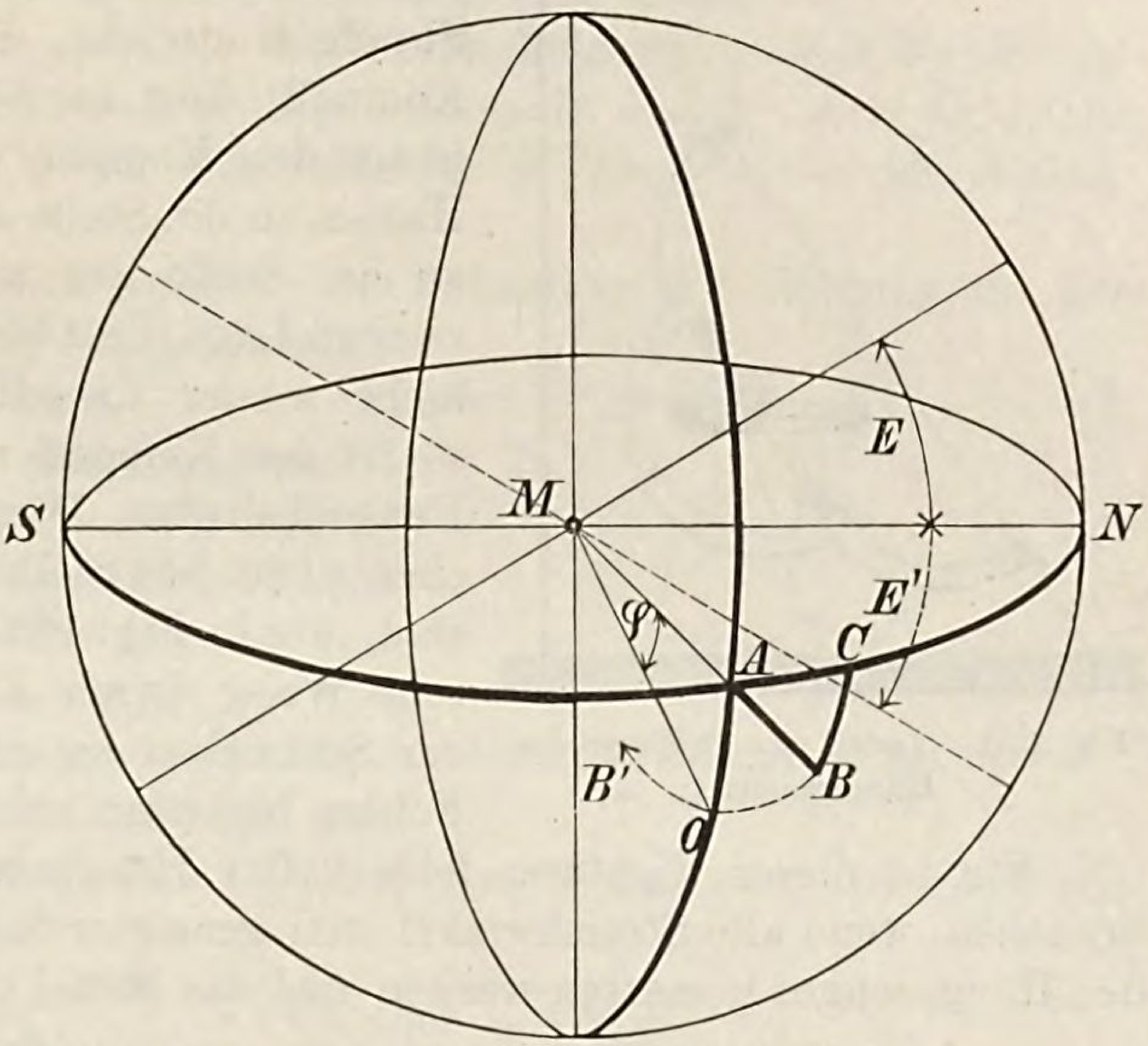


Fig. 169. Der durch die Neigung der Kompaßachse verursachte Fehler.

Die horizontale Verdrehung des Teilkreises ergiebt sich aus dem rechtwinkeligen sphär. Dreieck ABC, das durch den Bogen BC eines Vertikalkreises entsteht. In diesem Dreiecke ist $AB = \varphi$, der Winkel bei $A = 90^0 - E$ und AC gleich der horizontalen Verdrehung und auch der Fehler im abgelesenen Streichwinkel $= f$.

Aus $\cos(90^0 - E) = \operatorname{tg} f \operatorname{cotg} \varphi$ folgt $\operatorname{tg} f = \sin E \operatorname{tg} \varphi$. Der Fehler bei horizontaler Schnur ist gleich Null, er wächst aber mit der Schnurneigung.

Zahlenbeispiel, wenn $\varphi = 30'$

und $E = 0^0$	15^0	30^0	45^0	60^0	75^0	80^0	85^0	
so ist $f = 0{,}0$	7,8	15,0	21,3	26,1	29,1	29,4	29,9	Minuten.

Aus der Fig. 169 ist zu ersehen, daß ein gleich großer Fehler nach der anderen Seite hin entsteht, wenn die Schnur um denselben Winkel E' im entgegengesetzten Sinne geneigt wird, also O nach B' übergeht.

Daraus ergiebt sich eine einfachere und bequemere Prüfungsweise als die Lattenprobe. Vermittels eines einfachen Holzgestelles (Fig. 170) spannt man einen Messingdraht unter einem Winkel von ca. 70 Grad und giebt diesem Gestell, um bequemer ablesen zu können, einen solchen Stand, daß der Messingdraht nahezu 90° bezw. Stunde 6 streicht. Hieran hängt man den Kompaß, liest an beiden Spitzen ab und hängt den Kompaß um, d. h. den unteren Haken an die Stelle des oberen, den oberen an die Stelle des unteren. Giebt in der zweiten Lage die Ablesung an beiden Spitzen nicht wieder dasselbe Mittel wie vorher, so ist der Kompaß mit dem besprochenen Fehler behaftet. Wenn die Aufschlageplättchen nicht mit Stellvorrichtungen versehen sind, wie in Fig. 163 § 66, so kann nur auf rohe Weise durch Anziehen oder Lockern der Schrauben an den Pfannendeckeln der Fehler beseitigt werden.

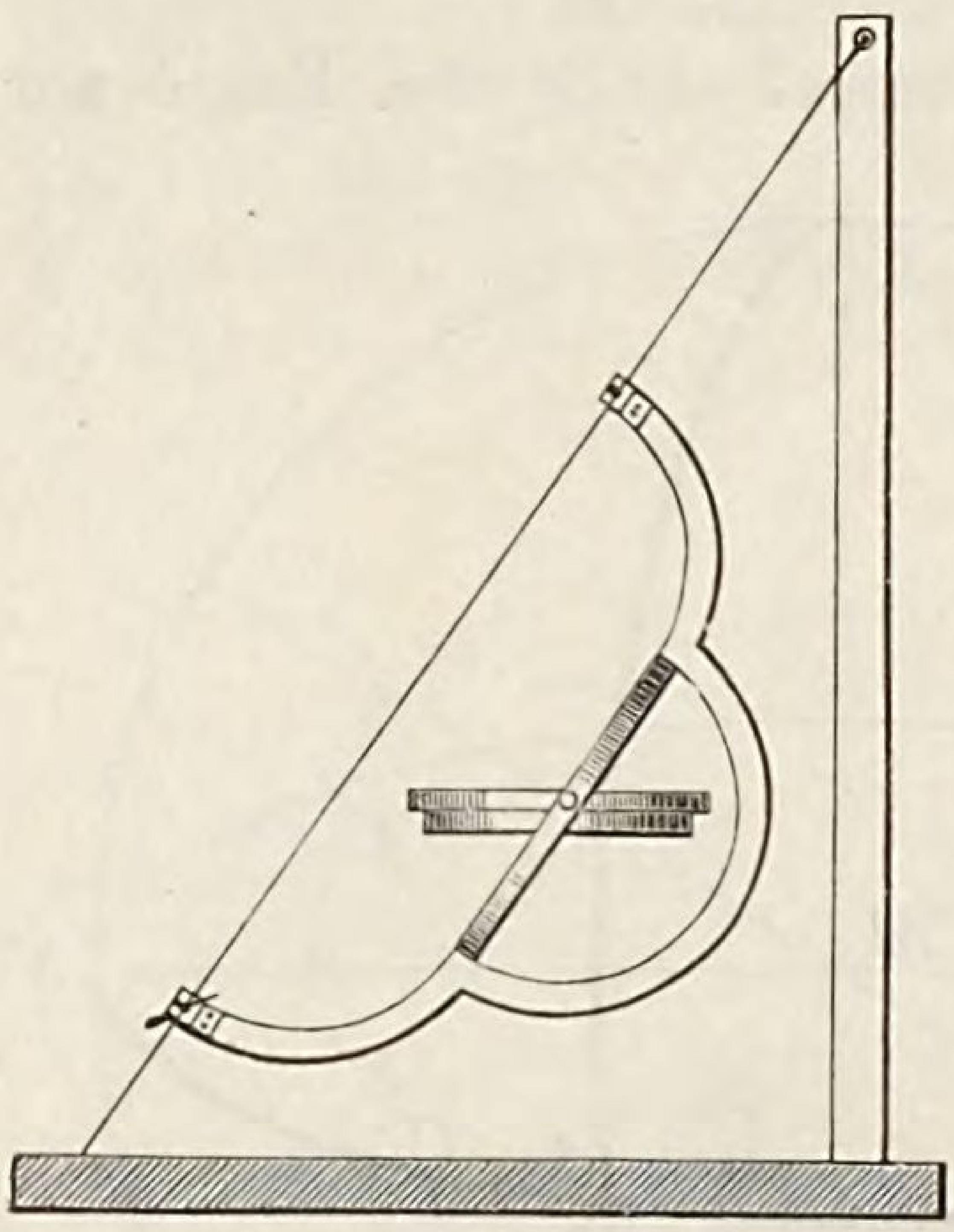


Fig. 170. Gestell zur Prüfung des Hängezeuges.

Ein in dieser Richtung fehlerhaftes Hängezeug läßt sich doch gebrauchen, wenn alle Streichwinkel steil geneigter Schnüre in beiden Lagen des Hängezeuges gemessen werden und das Mittel aus beiden Ablesungen genommen wird.

B. Die Nulllinie ist geneigt.

In Fig. 171 ist AC ein Bogen des Horizontalkreises, AB ein Bogenstück des um den kleinen Winkel α schief stehenden Teilkreises. Ist MC der Stand der Magnetnadel, so wird man der Projizierung der Nadel auf den schief stehenden Teilkreis am Punkte B ablesen. Diese Ablesung wird um so viel falsch sein, wie der Unterschied der Bogen AB und $AC = \varphi - \psi$ beträgt. Nun ist $\operatorname{tg}(\varphi - \psi) = \frac{\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\psi}{1 + \operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg}\psi}$.

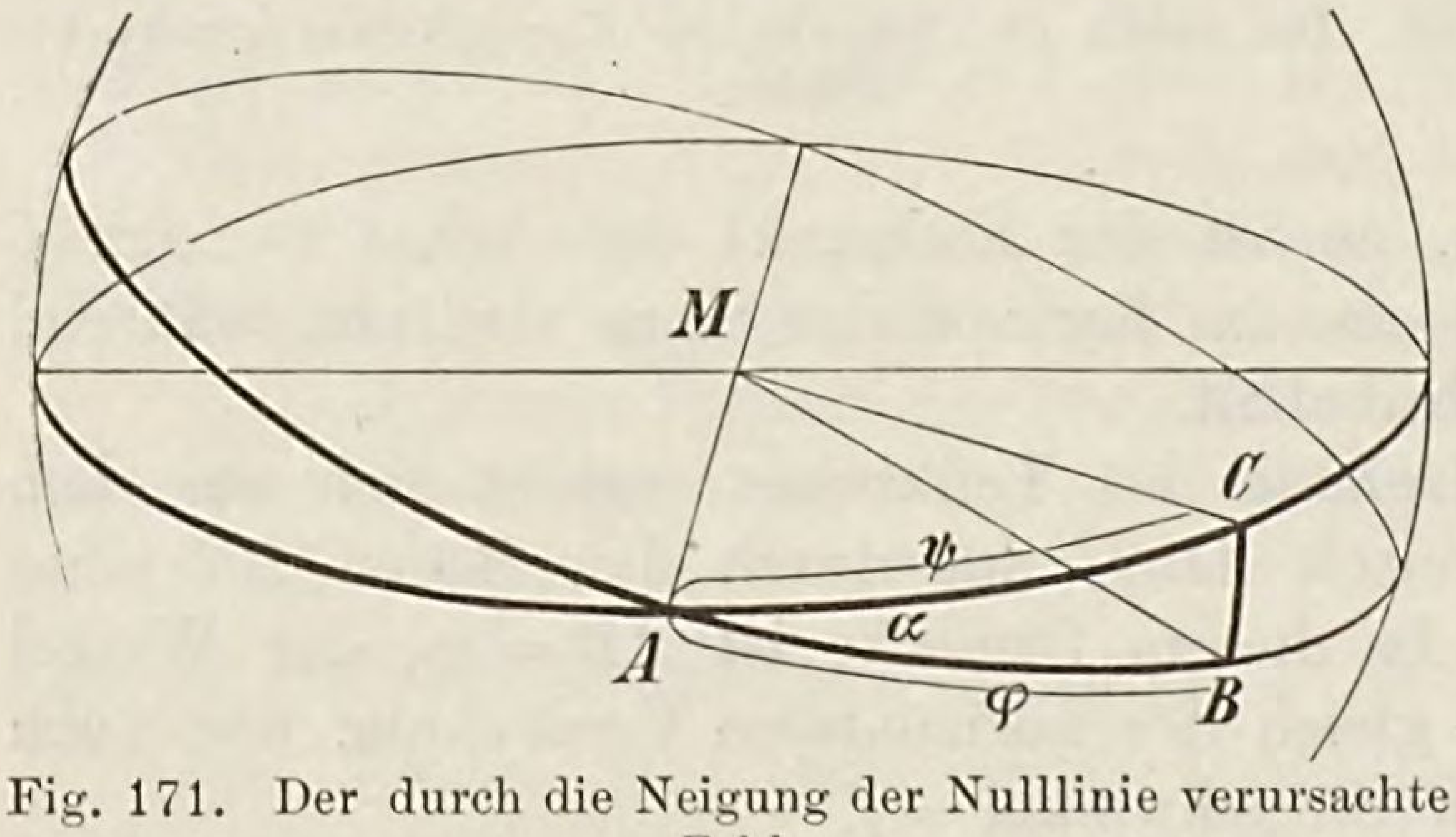


Fig. 171. Der durch die Neigung der Nulllinie verursachte Fehler.

In dem bei C rechtwinkeligen Dreieck ACB ist $\operatorname{tg}\psi = \operatorname{tg}\varphi \cos\alpha$. Setzt man diesen Wert in obige Gleichung ein, so erhält man

$$\operatorname{tg}(\varphi - \psi) = \frac{\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\varphi \cos\alpha}{1 + \operatorname{tg}\varphi^2 \cos\alpha} = \frac{\operatorname{tg}\varphi\,(1 - \cos\alpha)}{1 + \operatorname{tg}\varphi^2 \cos\alpha} = \frac{2 \operatorname{tg}\varphi \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{1 + \operatorname{tg}\varphi^2 . \cos\alpha}.$$

Da α immer ein sehr kleiner Winkel ist, so wird $\cos \alpha$ nahezu $= 1$ und kann als Faktor vernachlässigt werden. Dadurch wird der Nenner $= 1 + \operatorname{tg} \varphi^2 = \frac{1}{\cos^2 \varphi}$. Diesen Wert, sowie für $\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi}$ eingeführt giebt $2 \sin \varphi \cos \varphi \sin^2 \frac{\alpha}{2}$ d. i. $\operatorname{tg}(\varphi - \psi) = \sin 2\varphi \sin^2 \frac{\alpha}{2}$.

Für $\varphi = 0$ und $= 90$ ist der Ablesefehler gleich 0.

Bei Streichwinkeln zwischen beiden Richtungen ist der Fehler bemerkbar und zwar bei 45° am größten. Ist z. B. $\alpha = 3^0$, $\varphi = 45^0$, dann ist der Fehler $= 2' 21''$. Er liegt also bei 3° noch unter der Ablesegrenze am Kompaß.

Auf die Neigung der Nulllinie wird meistens die Reibung an den Zapfen, um welche die Kompaßbüchse schwingt, von Einfluß sein.

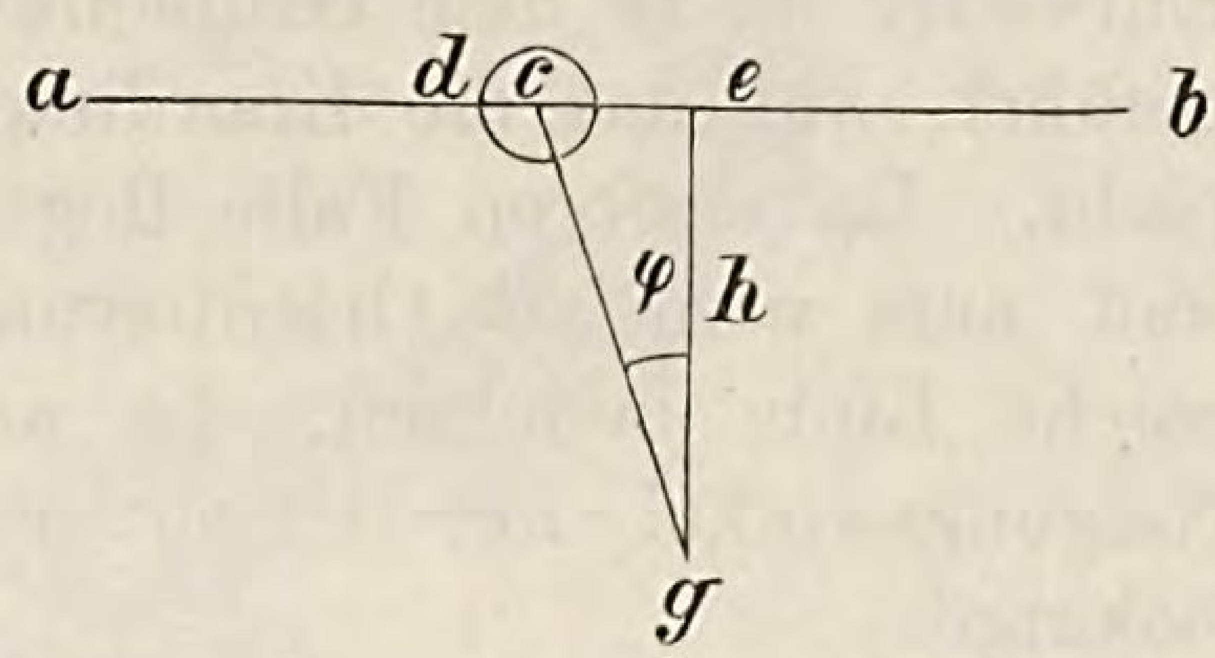


Fig. 172. Reibung an den Zapfen der Kompaßbüchse.

Ist in Fig. 172 ab eine Horizontale, c der Mittelpunkt und $cd = r$ der Radius des Zapfens, g der Schwerpunkt der Kompaßbüchse und $eg = h$ der Abstand von ab, so stellt der Winkel $dge = \varphi$ den größten sich hierbei ergebenden Fehlerwinkel vor. Ist f die Reibung als Gewicht ausgedrückt und q das Gewicht des Kompasses, so muß die Gleichung erfüllt werden:

$$rf = ce \,.\, q\,, \quad ce \text{ ist aber } = h \operatorname{tg} \varphi\,,$$

diesen Wert eingesetzt, giebt $rf = g\,.\,h\,.\operatorname{tg} \varphi$ und $\operatorname{tg} \varphi = \frac{rf}{q\,.\,h}$.

Aus dieser Formel folgt, daß die Zapfen dünn und gut geölt sein und nahe an dem oberen Rande der Kompaßbüchse liegen müssen, ferner daß der Boden der letzteren gegen die übrigen Teile nicht zu leicht sein darf, damit der Schwerpunkt möglichst tief liegt.

§ 69. **Der Orientierungsfehler.** Dieser Fehler entsteht, wenn die Ost-Westlinie gegen die richtig stehende Kompaßache um einen Winkel verdreht ist. Um diesen Betrag ist dann auch die Nulllinie verdreht, und alle Streichwinkel werden bei jeder Schnurneigung fehlerhft beobachtet.

Hierbei wird angenommen, daß der Kollimationsfehler bereits beseitigt ist, weil dieser Fehler ebenfalls die Größe des Orientierungsfehlers beeinflußt.

Bei Kompässen mit einer Absehvorrichtung, bei den Bussolen, entsteht derselbe Fehler, wenn die Sehlinie des Fernrohrs oder der Diopter nicht parallel der Nulllinie des Teilkreises ist.

Dieser Fehler ist leicht zu bestimmen oder doch wenigstens unschädlich zu machen mit Hilfe einer Orientierungslinie. So nennt man eine durch einen Stein und durch ein entferntes Signal, Kirchturm-

spitze u. dergl. bezeichnete Linie, die so eingerichtet ist, daß man ihr Streichen mit dem Hängekompaß und der Bussole richtig abnehmen kann.

Ist das Azimut A dieser Linie bekannt, so kann man den Orientierungsfehler dadurch finden, daß man die absolute Deklination D bestimmt (vergl. § 197) und nun das Streichen dieser Linie abnimmt. Dieses muß (bei unserer westl. Deklination) $= A + D$ sein, wenn kein Orientierungsfehler des Hängekompasses vorliegt. Eine vorhandene Abweichung zeigt den Fehler und zugleich seine Größe.

Ist das Azimut der Orientierungslinie nicht bekannt, so thut die Linie doch dieselben Dienste, ohne die Größe des Orientierungsfehlers zu kennen. Man muß auch hier wieder zwei Fälle unterscheiden. Entweder ist in dem Grubenreviere ein gemeinsames Achsensystem eingeführt, auf das die Koordinaten aller Punkte berechnet werden, oder nicht. Im ersteren Falle liegt über dem Grubenfelde ein Dreiecksnetz und man wird als Orientierungslinie eine Dreieckseite oder doch eine solche Linie benutzen, die an das Netz angeschlossen ist, d. h. der Neigungswinkel der Orientierungslinie gegen die Abszissenachse ist bekannt.

Dieser sei z. B. 45 Grad und mittels des Kompasses sei das Streichen dieser Linie = 44 Grad gefunden. Die sämtlichen Streichwinkel der mit diesem Kompaß ausgeführten Messung müßten dann um 1 Grad vergrößert werden, um die richtigen Neigungswinkel gegen die Abszissenachse zu ergeben. An einem anderen Kompaß möge das Streichen derselben Linie zu 46 Grad gefunden sein, dann wären alle Streichwinkel um 1 Grad zu verkleinern.

In der Grube dient bei kombinierten Kompaß- und Theodolitzügen eine Polygonseite des Theodolitzuges als Orientierungslinie.

Ist kein Achsensystem und kein Dreiecksnetz vorhanden, sondern werden alle Messungen nur mit dem Kompaß ausgeführt und mit dem Kompaß zugelegt, so ist es notwendig, die Lage der Orientierungslinie auf den Riß genau aufzutragen. Vor jeder Messung ist dann das Streichen der Orientierungslinie abzulesen und vor der Zulage der Riß mit Hilfe dieser Linie und dem abgelesenen Streichen zu orientieren, was ausführlich in § 145 besprochen wird. Durch das beschriebene Verfahren wird nicht bloß der schädliche Einfluß des Orientierungsfehlers am Kompasse, sondern auch der der Änderung in der Deklination ohne weiteres ausgeschieden.

§ 70. Andere Konstruktionen des Hängezeuges. Die am häufigsten beobachteten Fehler des Studerschen Hängezeuges werden hauptsächlich von der Beweglichkeit des Kompaßringes verursacht, der beim Gebrauch vielmal auf- und niedergeklappt werden muß. Durch das häufige Aufschlagen der kleinen Plättchen auf die Pfanndeckel wird der kaum beseitigte Neigungsfehler der Kompaßachse leicht wieder hervorgebracht.

Man hat deswegen andere Konstruktionen des Hängezeuges ersonnen.

Hierher gehört das Hängezeug von Osterland, das in der Berg- und Hüttenm. Zeitung 1860 S. 2 von Professor Junge beschrieben ist (Fig. 173).

An dem Kompaßringe sind diametral gegenüber zwei in Gelenken bewegliche Hängearme angebracht. Die Bewegung, welche nur recht-

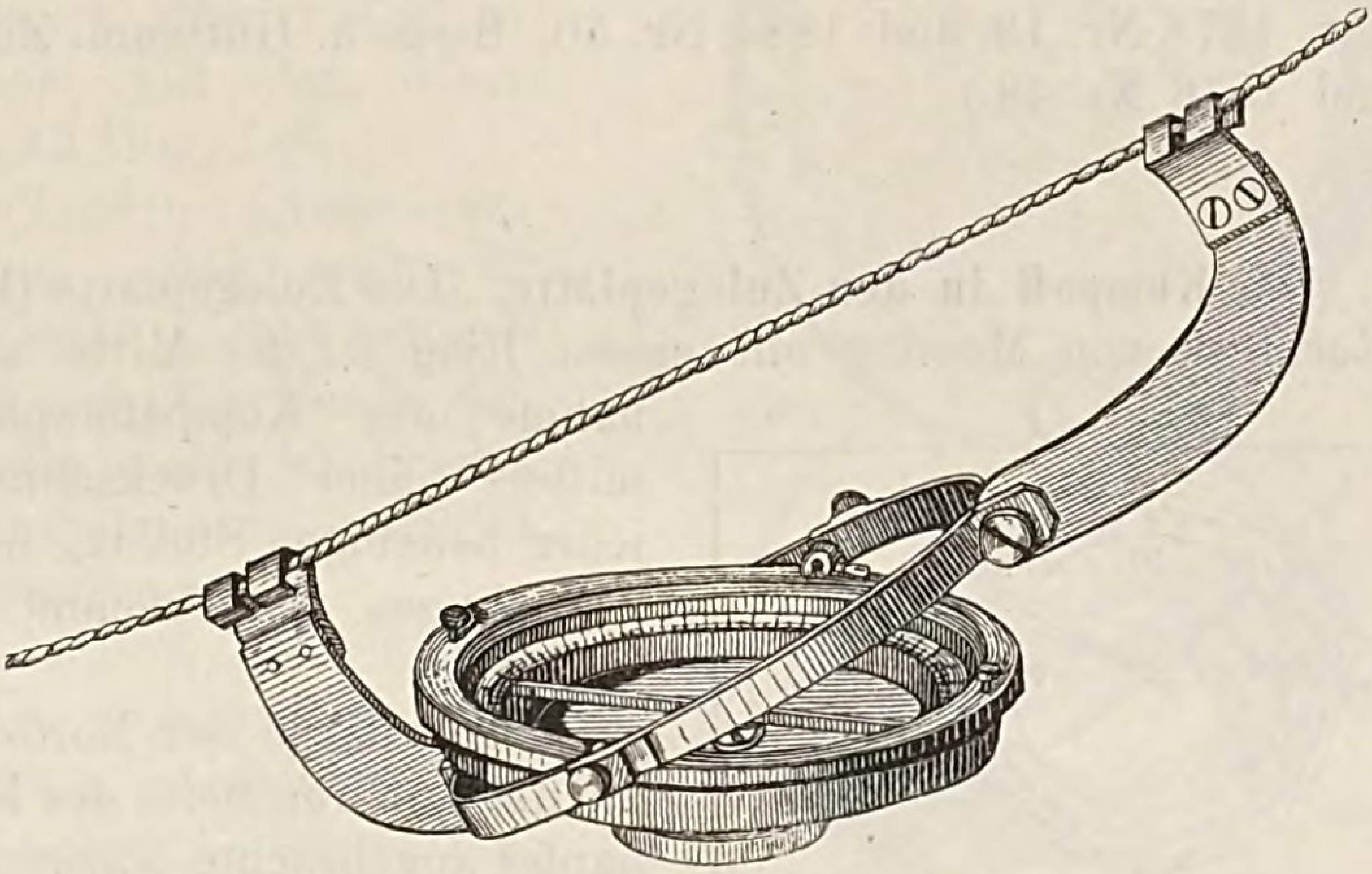


Fig. 173. Hängezeug von Osterland.

winkelig zur Ebene des Kompaßringes ausgeführt werden kann, ist durch Aufschlagplatten beschränkt. Liegen die oberen Aufschläge an dem Kompaßringe an, so ist das Hängezeug zum Aufhängen an die Schnur geeignet, liegen dagegen die unteren Aufschläge an, so erscheint das Instrument mehr in die Länge gestreckt und kann bequem in eine Umschnalltasche gesteckt werden, welche die gewöhnliche Größe nicht überschreitet.

Um den Schwerpunkt mehr nach unten zu verlegen, wird die Hemmung der Nadel durch die Bodenplatte der Kompaßbüchse mit einer unverhältnismäßig großen Schraube bewirkt.

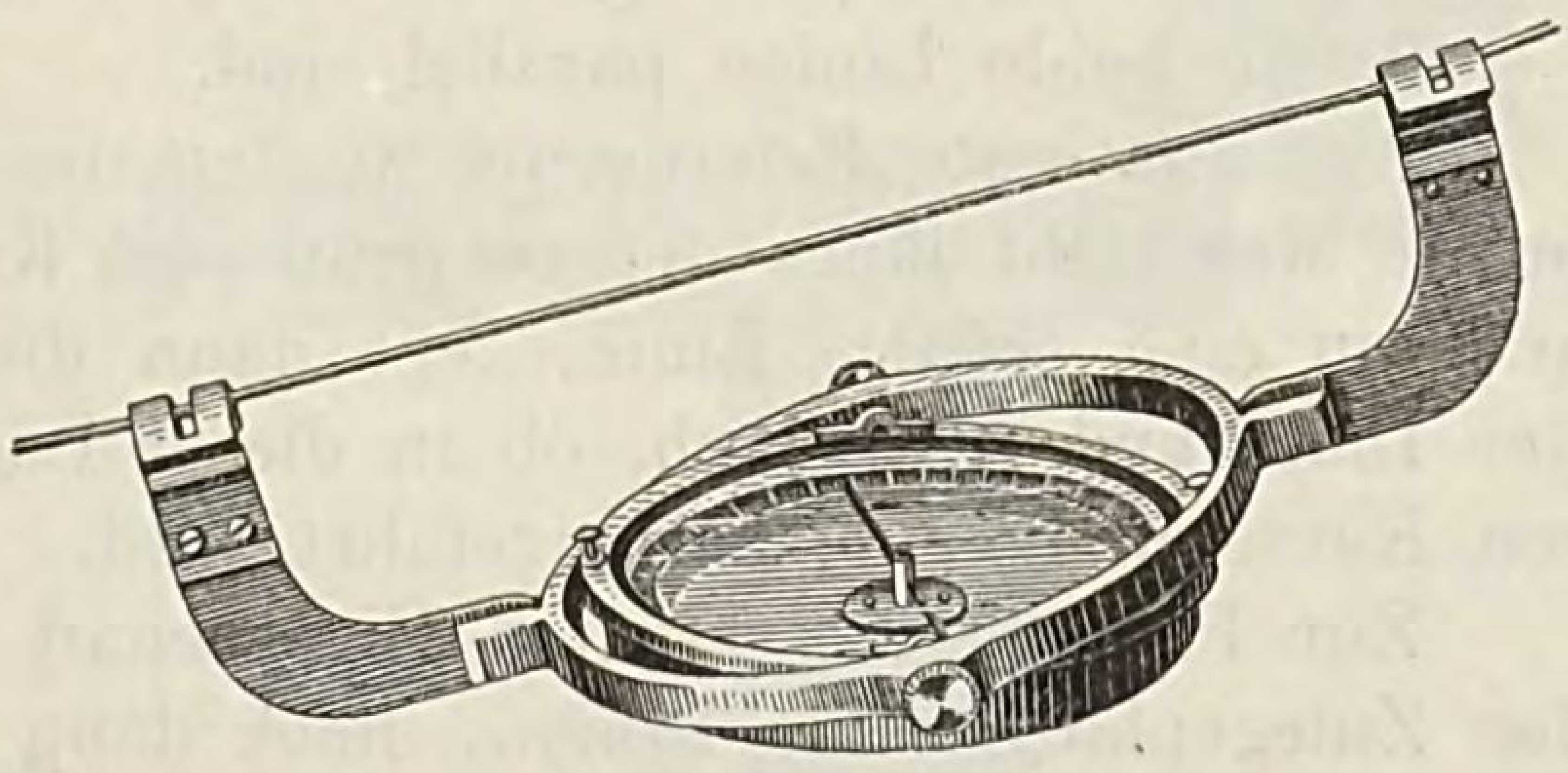


Fig. 174. Freiberger Hängezeug.

Der Mechanikus Hildebrandt in Freiberg ist noch einen Schritt weiter gegangen und fertigt dem Osterlandschen ähnliche Hängezeuge an, die mit einem stärkeren Kompaßring versehen sind, an dem die beiden Haken aber starr fest sitzen, also nicht beweglich sind (Fig. 174).

Zu diesen starren Hängezeugen gehört eine etwas umfangreichere, mithin unbequemere Tasche. Sie haben aber den Vorteil, daß, wenn sie von dem Mechanikus einmal fehlerfrei hergestellt sind, sie sich lange Zeit gut erhalten. Aus diesem Grunde finden sie jetzt bei den Markscheidern immer mehr Eingang.

Alle anderen Hängezeuge und dahin gehörende Apparate, welche sonst noch vorgeschlagen sind, können hier mit dem Hinweis auf die Originalbeschreibungen übergangen werden. (Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1878 Nr. 13 und 1881 Nr. 50, Berg- u. Hüttenm. Zeit. 1875 Nr. 16 und 1876 Nr. 48.)

§ 71. **Der Kompaß in der Zulegeplatte.** Die Zulegeplatte (Fig. 175) ist ein Rechteck von Messing mit einem Ring in der Mitte zur Aufnahme des Kompaßnapfes, der mittels einer Druckschraube in jeder beliebigen Stellung innerhalb des Ringes festgeklemmt werden kann.

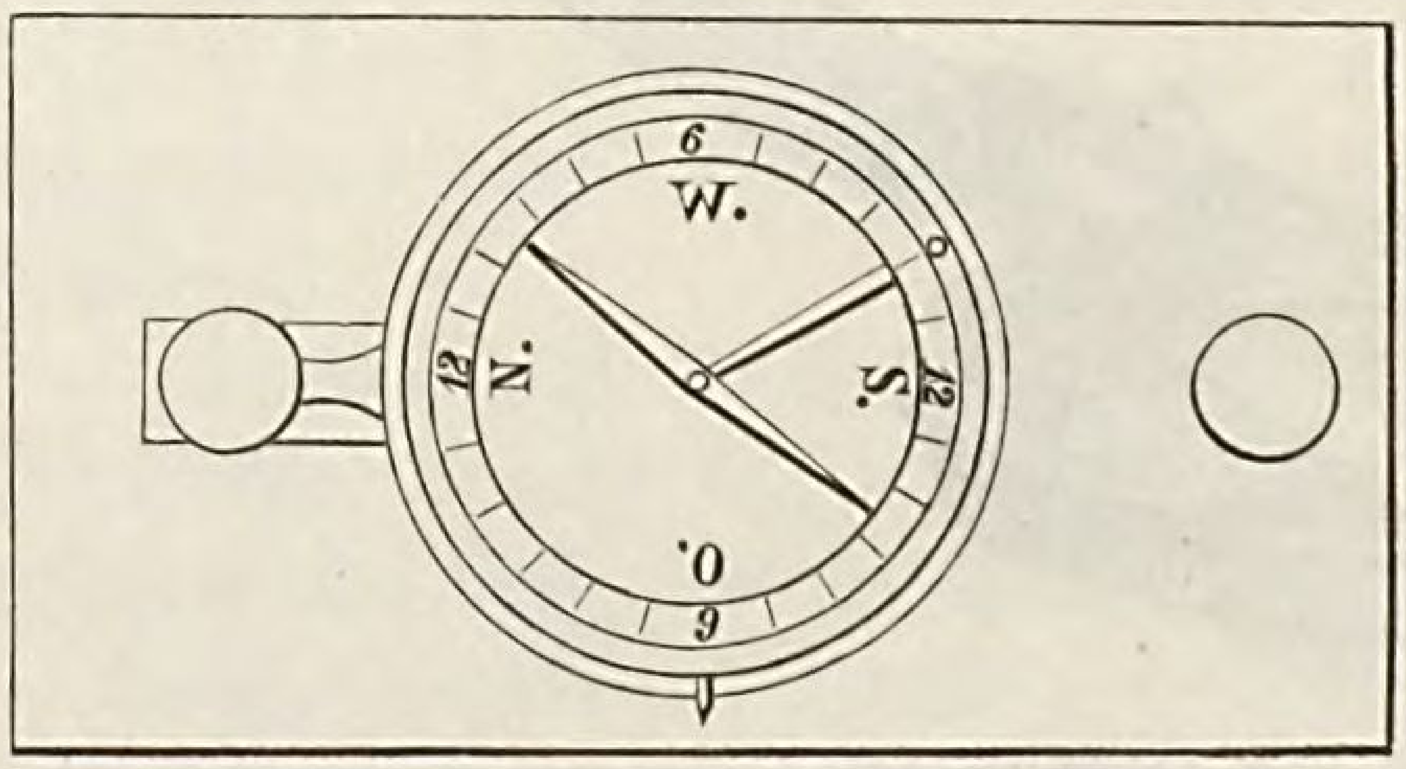


Fig. 175. Kompaß mit Zulegeplatte.

Fällt die in der Nord-Südlinie an der äußeren Seite des Kompaßnapfes angebrachte Marke mit dem feinen Striche auf der oberen Kante des Ringes zusammen, so soll die Nord-Südlinie des Kompasses mit der langen Seite parallel laufen. Ist dies nicht der Fall, so liegt ein Orientierungsfehler des Kompasses in der Zulegeplatte vor.

In neuerer Zeit werden die beiden Marken meist weggelassen. (Vergl. § 197.)

Die Zulegeplatte ist darauf zu prüfen:

1. ob die beiden langen Seiten gerade Linien bilden, und
2. ob beide Linien parallel sind.

Auf das erste Erfordernis werden die Kanten wie jedes Lineal geprüft: Man zieht längs der zu prüfenden Kante von einem Ende bis zum anderen eine scharfe Linie, legt dann die Kante an die andere Seite der Linie und sieht nach, ob in dieser Lage eine vollständige Deckung von Kante und Linie herbeigeführt wird.

Zur Prüfung der zweiten Eigenschaft zieht man an beiden Seiten der Zulegeplatte feine Linien, hebt dann die Platte ab und setzt sie mit verwechselten Längskanten wieder zwischen die gezogenen Linien. In dieser Lage muß eine Deckung der Kanten und Linien stattfinden.

Auch durch unmittelbares Abmessen des Abstandes der beiden langen Seiten mittels des Zirkels oder eingeschlagener Stifte kann der Parallelismus geprüft werden.

Ergeben sich hierbei Unstimmigkeiten, so muß die Platte vom Mechanikus berichtigt werden.

§ 72. Der Taschenkompaß (Fig. 277 zu § 140). Ein Kompaß von kleinerem Durchmesser, welcher fest mit einer kleinen Zulegeplatte verbunden ist, wird Taschenkompaß oder auch Setzkompaß genannt. Er ist nicht zu verwechseln mit dem alten Setzkompaß (Fig. 145).

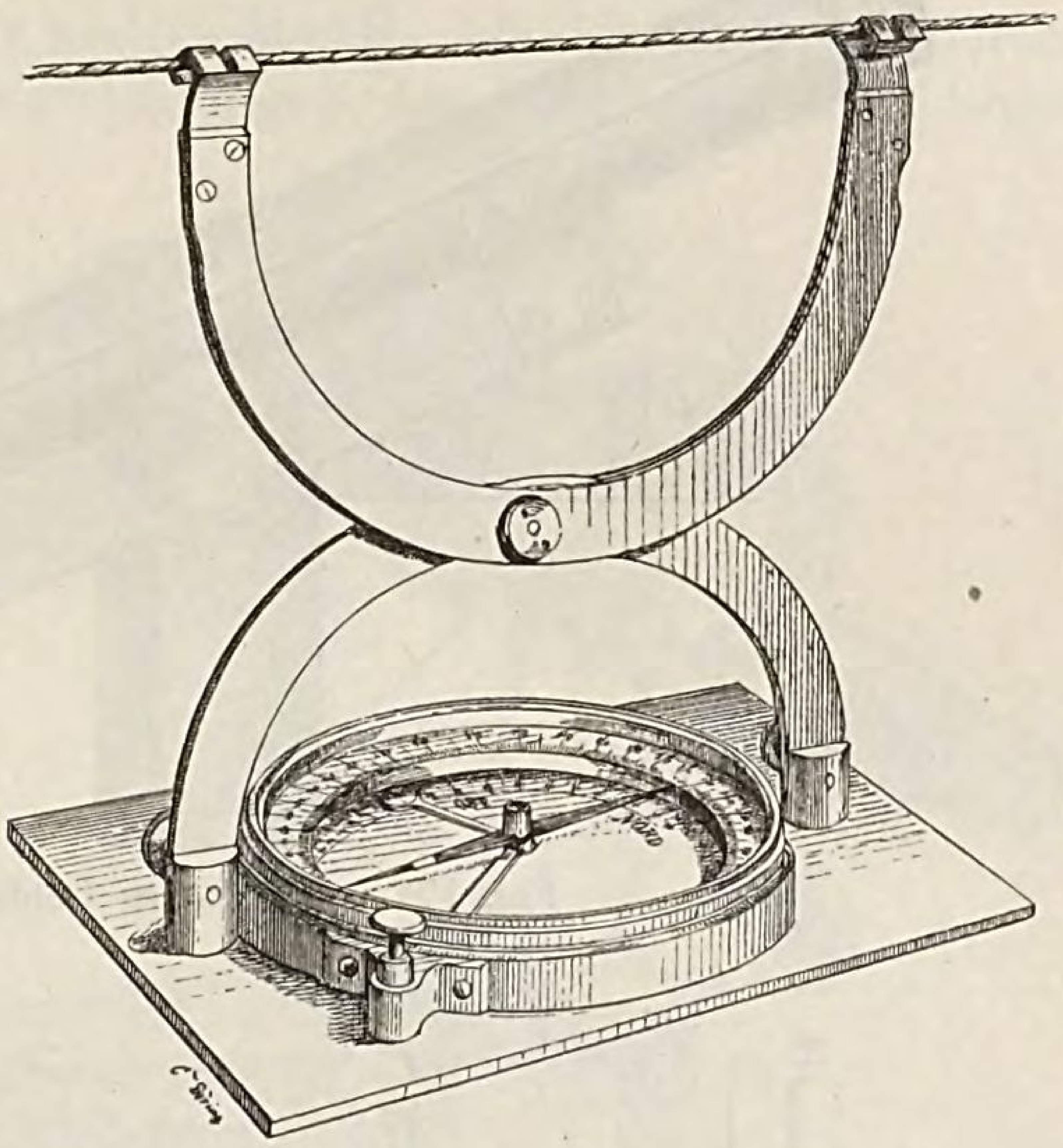


Fig. 176. Steigerhängezeug.

Der Teilkreis dieses Kompasses ist jetzt noch in Stunden und $^1/_8$ Stunden geteilt und auf dem Rande der Bodenplatte ist eine gradbogenartige Einteilung in 2 mal 90 Grade angebracht.

Um den Stift ist ein kleines Pendel beweglich, welches beim hochkantigen Aufsetzen des Kompasses auf die lange Plattenkante den Neigungswinkel einer schiefen Fläche angiebt. Die 12 Stundenlinie und die Linie 90° — 90° auf der Bodenplatte liegen in einer Vertikalebene und sind der Längskante der Platte parallel.

Die Geologen bestimmen mit dem Taschenkompaß das Streichen und Fallen der Gebirgsschichten (vergl. § 140).

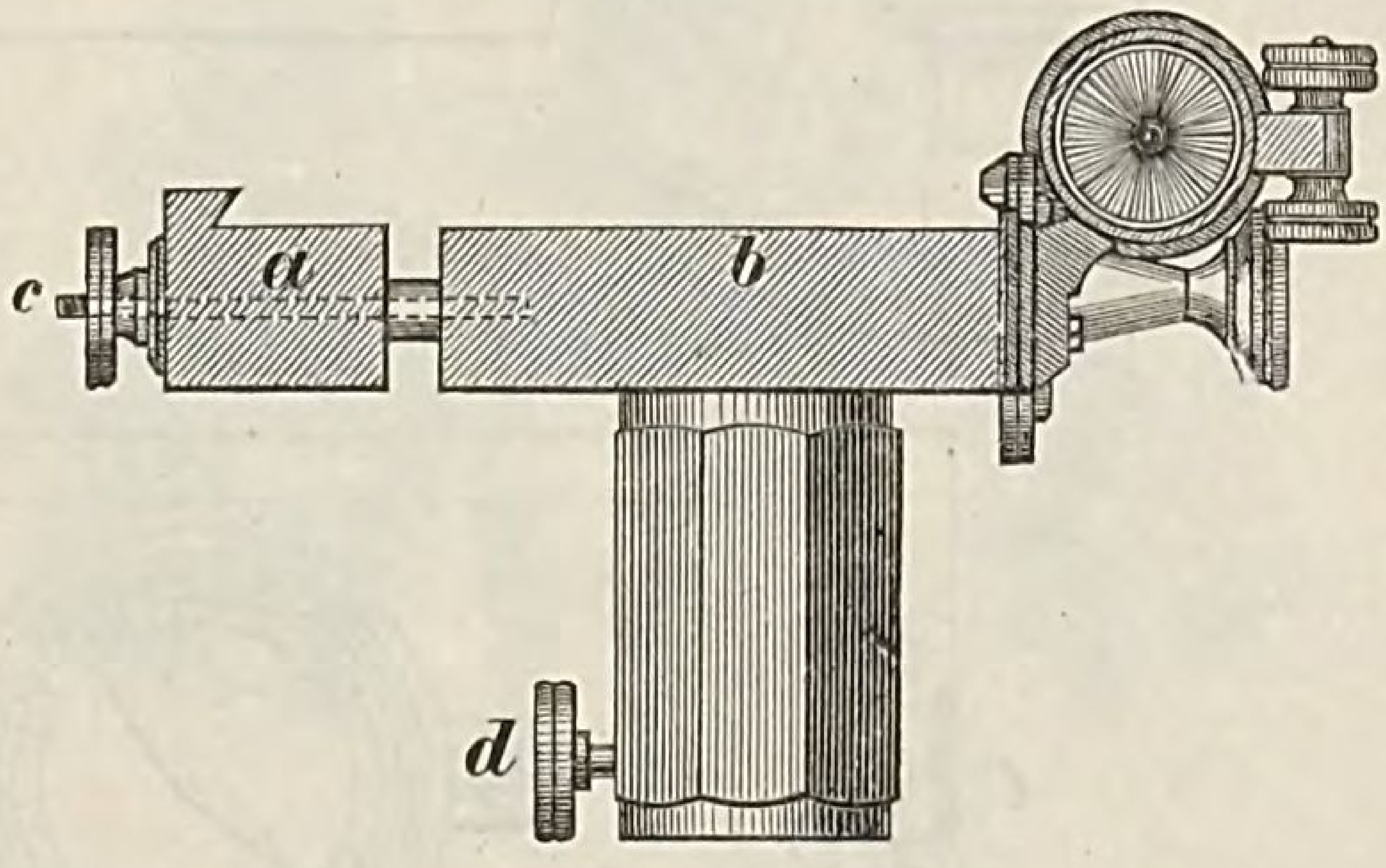


Fig. 177 a. Einfaches Feldmeßinstrument.

Dieser Taschenkompaß ist auf eine sehr einfache Weise zum Hängekompaß umgewandelt (Fig. 176). Zuerst beschrieben von STUDER 1811. Zwei halbkreisförmige Arme sind durch eine Schraube so miteinander verbunden, daß beide sich um dieselbe Achse drehen und der eine Bogen im Falle des Nichtgebrauches in dem Schlitze des anderen Bogens Platz findet. Beim Gebrauche wird der Taschenkompaß an den Enden des einen Bogens wie Fig. 176

zeigt, befestigt und das ganze Hängezeug mit den am ersteren Bogen befindlichen Haken an die Schnur gehängt.

Dieses einfache Hängezeug genügt zwar in Bezug auf Genauigkeit nur geringen Anforderungen, ist aber bei den Grubenbetriebsbeamten verbreitet und unter dem Namen „Steigerhängezeug" bekannt.

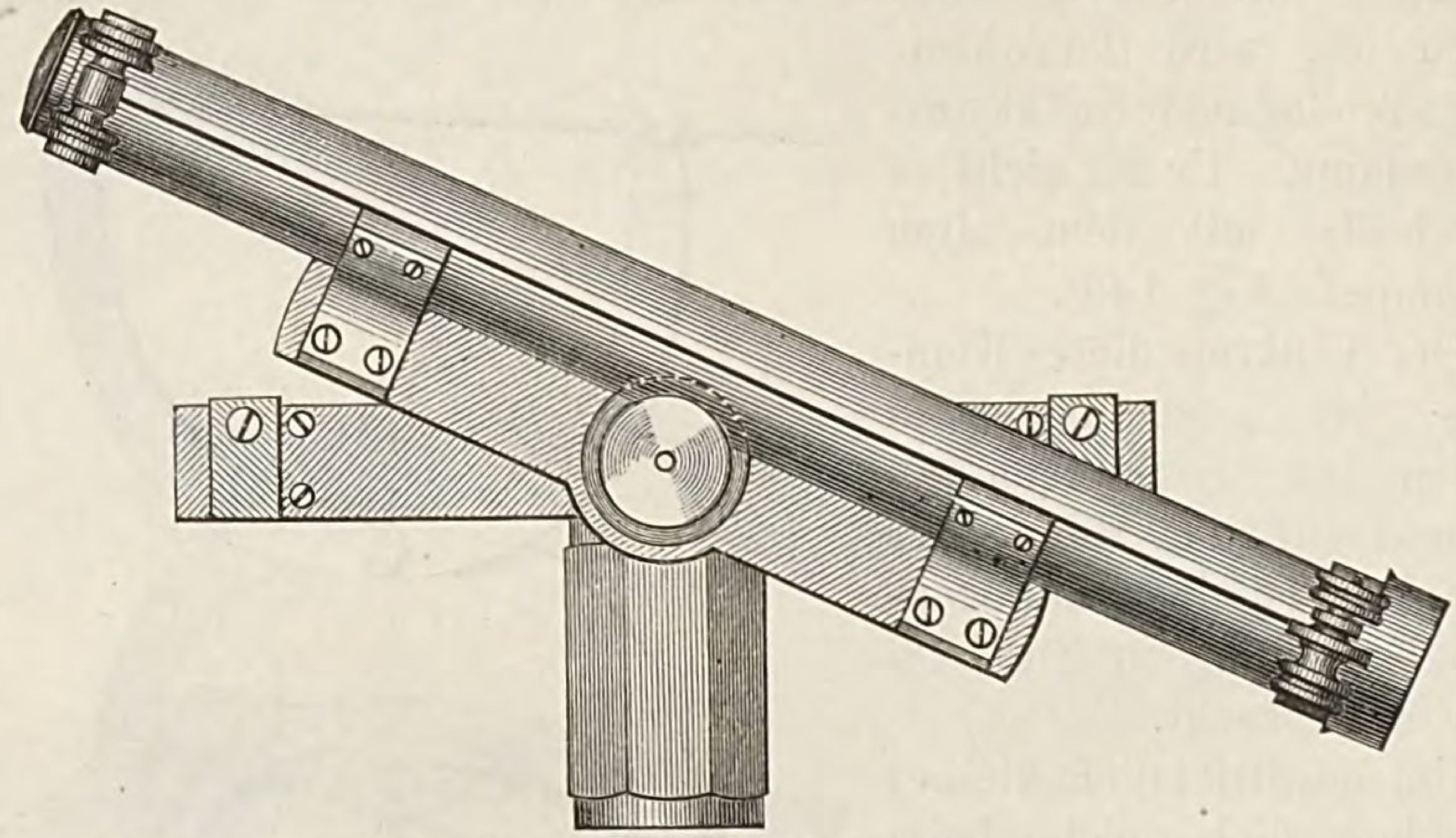


Fig. 177 b. Einfaches Feldmeßinstrument.

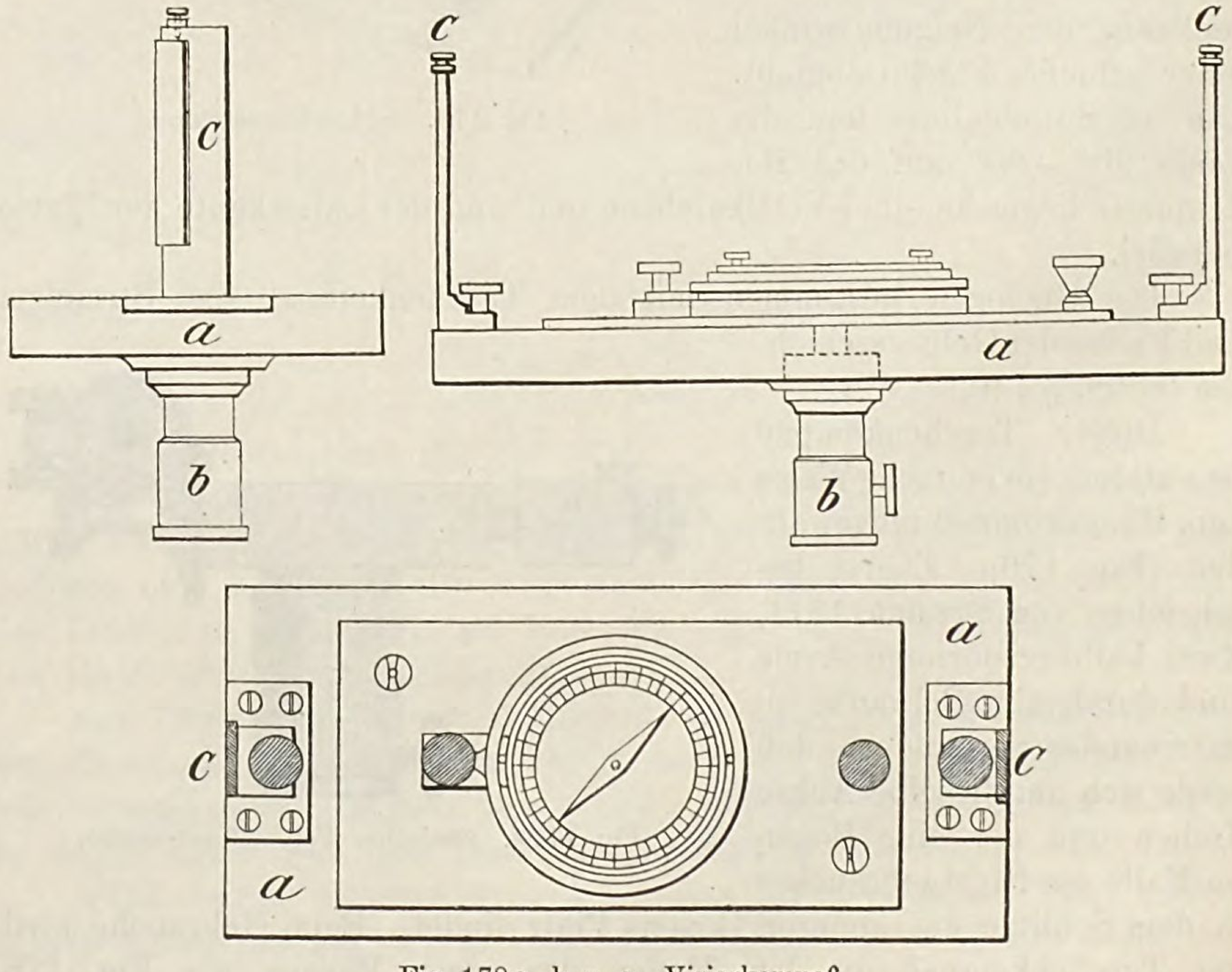


Fig. 178 a, b u. c. Visierkompaß.

Schließlich ist noch der Taschenkompaß zu erwähnen, der äußerlich einer Uhr gleicht. Auch dieser ist mit einem Pendel, das um den Stift der Magnetnadel schwingt, sowie mit einer Teilung auf der Bodenplatte versehen und die zur Bestimmung der Fall- und Streichwinkel der Gebirgsschichten erforderliche gerade Kante parallel der Nulllinie, wird durch eine einschlagbare Schiene gebildet.

§ 73. **Die Bussole oder der Stativkompaß.** Die älteren, aber immer noch in Gebrauch befindlichen Vorrichtungen, den Kompaß in der Zulegeplatte als Bussole zu verwerten, zeigen Fig. 177a u. b und Fig. 178 a, b u. c. Die älteste in Fig. 177 a u. b dargestellte Konstruktion besteht in einer gespaltenen Holzplatte, deren an Führzapfen gleitenden Teile *a* und *b* mittels einer Schraube *c* gelöst und zusammengepreßt werden können. Von den hervorstehenden Kanten der beiden Teile wird die Zulegeplatte mit dem Kompaß festgehalten. An der Seite dieser Holzplatte ist das Fernrohr und an der unteren Fläche eine Steckhülse angebracht, die auf den Zapfen einer Nußvorrichtung aufgesteckt und mittels einer Preßschraube befestigt wird. Bei diesem Instrumente ist weder das Fernrohr noch der Kompaßstift zentrisch zur Drehachse, es eignet sich deshalb auch nur zu einfachen Feldmeßarbeiten.

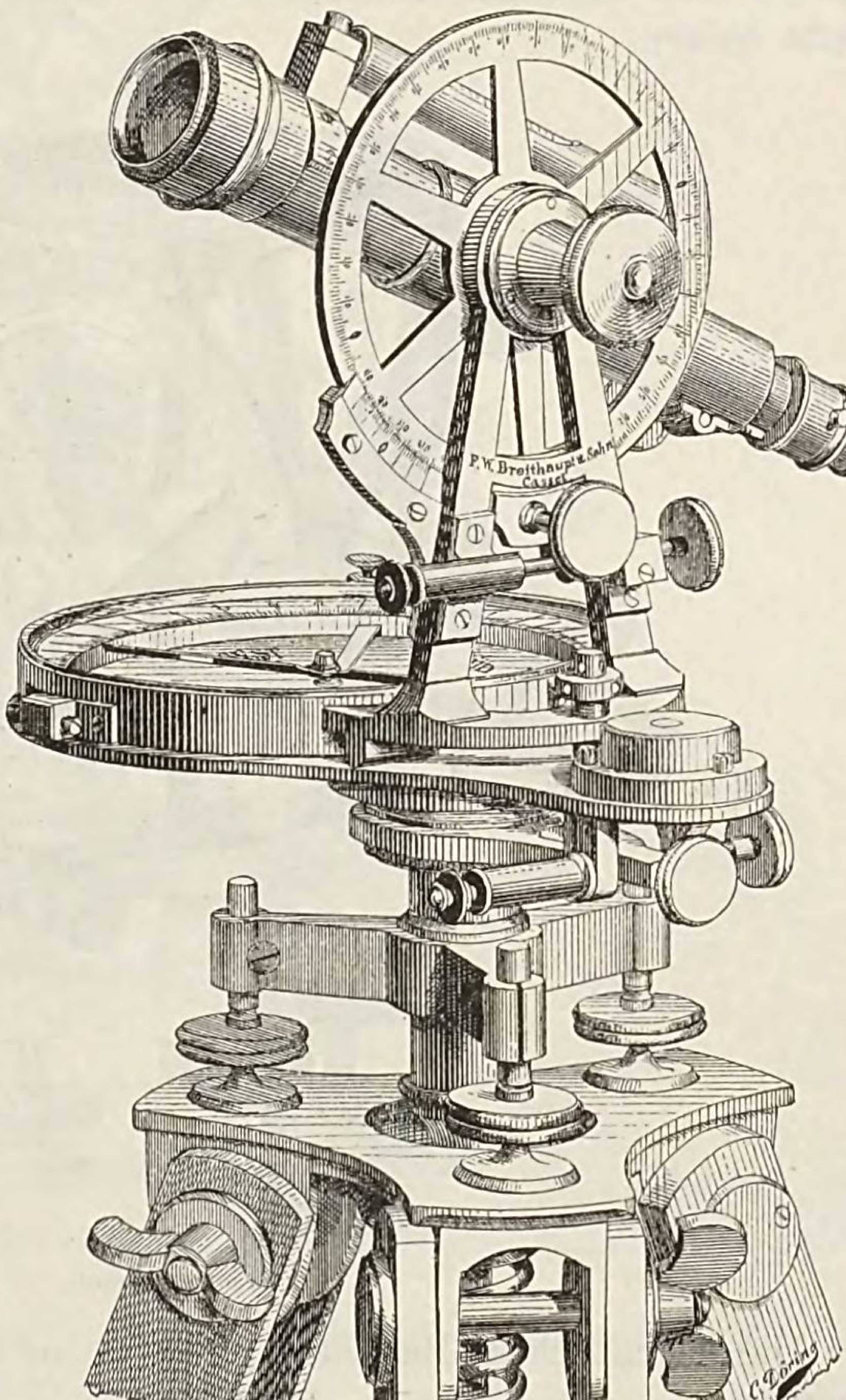


Fig. 179. Bussole.

Bei der zweiten Konstruktion (Fig. 178 a, b u. c) wird die Zulegeplatte mittels Schrauben auf einer Holzplatte *a* derartig befestigt, daß der Kompaßstift zentrisch zur

Drehachse des Instrumentes oder, was hier dasselbe ist, zur Achse der an der unteren Seite der Holzplatte sitzenden Steckhülse *b* ist.

Die Ziellinie der Diopter *cc*, deren Spalt stellbar ist, geht durch den Mittelpunkt der Teilung und parallel der Nulllinie. Das Instrument ist nur in ebener Gegend und nicht für zu große Entfernungen zu gebrauchen. Vorwiegend ist es zur Verwendung gekommen zum Messen über eiserne Schienen. (Vergl. § 81.)

Die Kompasse, die zu den in den Figg. 177 u. 178 dargestellten Apparaten benutzt werden, müssen die bei der Zulegeplatte erwähnten Marken zum richtigen Einstellen des Napfes in den Ring der Zulegeplatte haben.

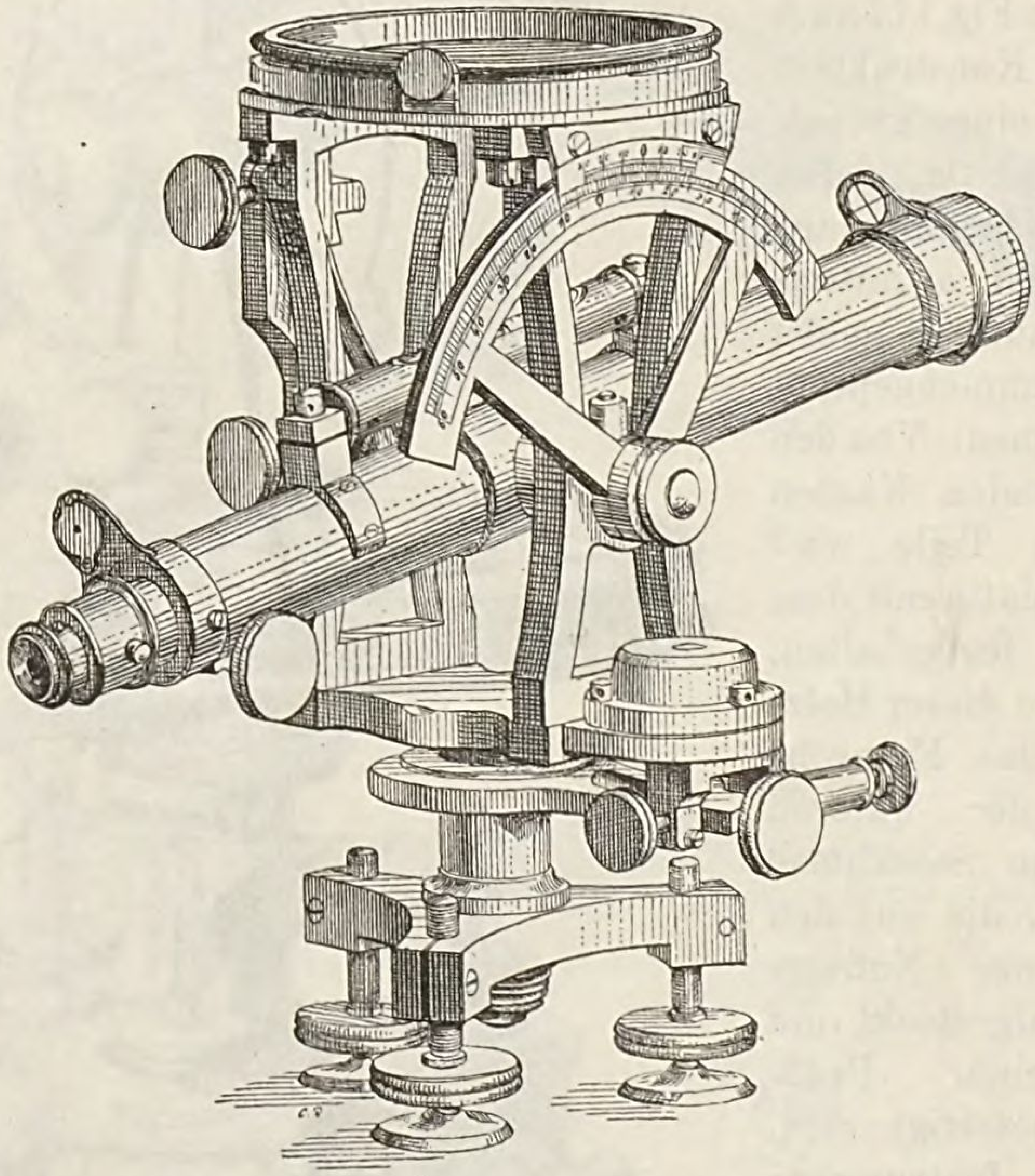


Fig. 180. Bussole.

Die eigentlichen Bussolen giebt es in den verschiedensten Konstruktionen.

Fig. 179 zeigt ein größeres Instrument, dessen Fernrohr zentrisch und dessen Teilkreis exzentrisch ist, Fig. 180 ein solches mit zentrischem Teilkreis und zentrischem Fernrohr, Fig. 181 ein kleineres mit ähnlicher Einrichtung. Die Figuren sind nach Instrumenten gefertigt, die von Breithaupt in Kassel geliefert werden.

Die Fernrohre der Bussolen, die mit einem Höhenkreis versehen

sind, erhalten in neuerer Zeit distanzmessende Fadenkreuze und sind dadurch zur Tachymetrie geeignet (vergl. Kapitel XI).

Die Prüfung der Bussolen erstreckt sich darauf, ob das Fernrohr bei horizontaler Stellung des Instrumentes in einer Vertikalebene kippt und die Winkelschenkel richtig auf den horizontalen Teilkreis projiziert.

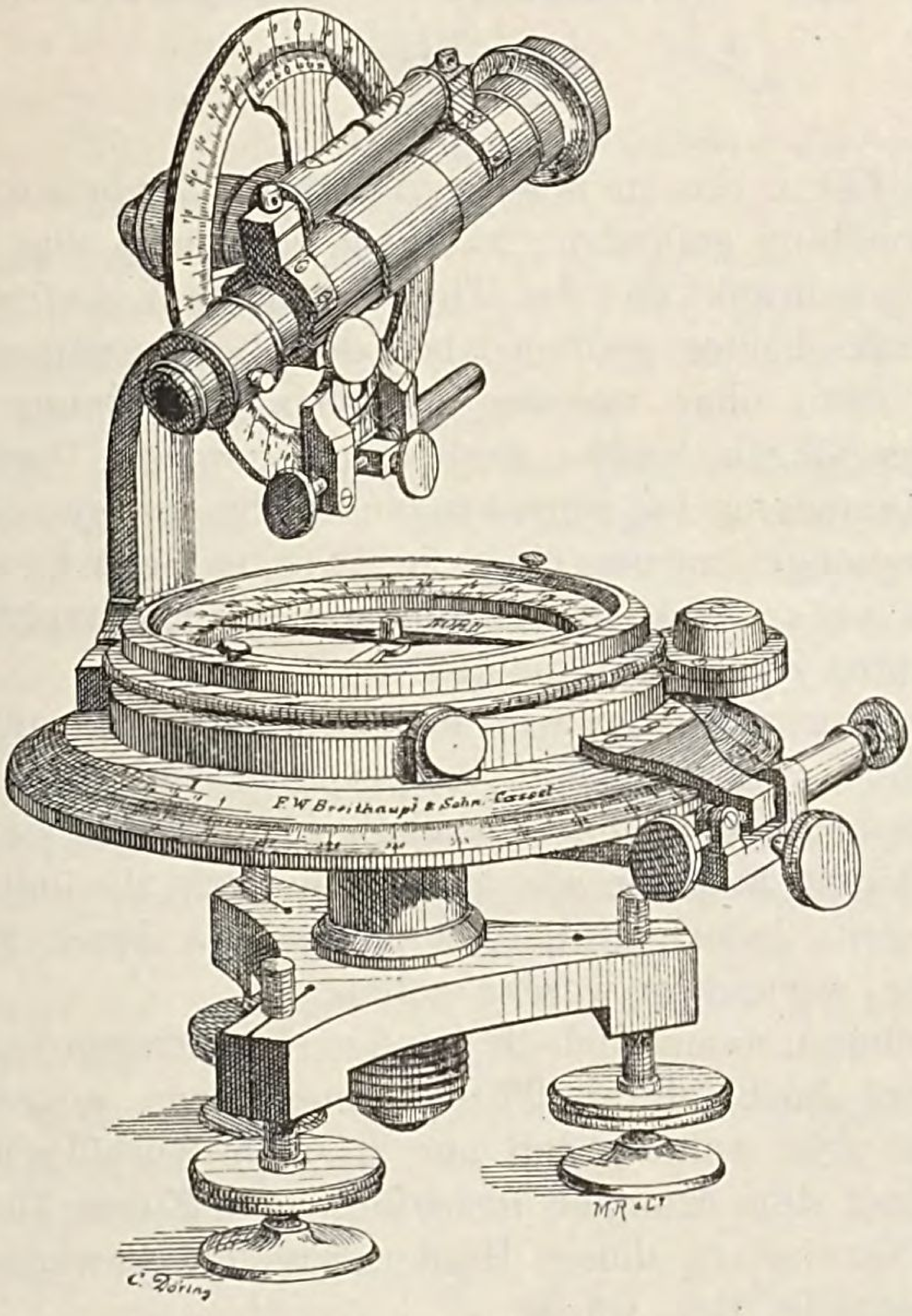


Fig. 181. Bussole.

Die Kippachse des Fernrohres muß rechtwinkelig zur Sehachse und zur Hauptachse des Instrumentes stehen. Die Prüfung erfolgt wie bei dem Theodoliten.

Außerdem ist der Einfluß des an den Bussolen häufig vorkommenden Orientierungsfehlers nach § 69 zu beseitigen.

Sechstes Kapitel.

Hilfsapparate zur Verwendung des Kompasses in Gegenwart von Eisen.

§ 74. Das Eisen, das in neuerer Zeit beim Grubenausbau eine ausgedehnte Verwendung gefunden, hat nach und nach den Gebrauch des Kompasses eingeschränkt und den Theodolit mehr in Aufnahme gebracht. Die älteren Markscheider wollten aber den liebgewonnenen handlichen Hängekompaß nicht ohne weiteres aufgeben und daher begegnen wir schon früh Vorschlägen, welche nach einem gewissen Verfahren die Benutzung des Kompasses bei ablenkenden Einflüssen gestatten.

Diese Betrebungen müssen einem praktischen Bedürfnisse entspringen, weil bis in die neuere Zeit immer wieder neue Konstruktionsvorschläge für den genannten Zweck auftauchten.

Keine der Konstruktionen wird dem Kompaß zu derselben Leistungsfähigkeit verhelfen, wie er sie in Abwesenheit von Eisen besitzt, oder gar, wie sie schon ein kleiner Theodolit bietet, aber es kommen dem Markscheider häufig Arbeiten vor, bei denen nicht die äußerste Genauigkeit verlangt wird, jedoch grobe Fehler, welche durch Ablenkung der Nadel entstehen, vermieden werden sollen.

Hierhin gehören namentlich die häufigen Nachtragsarbeiten in Kohlengruben, die im Anschluß an Theodolitmessungen ausgeführt werden. Ferner ist es nicht selten, daß nur in einer verhältnismäßig kurzen Strecke eines mit dem Kompaß auszuführenden Zuges Eisen vorhanden ist und zur Überwindung dieses Hindernisses die Anwendung des Theodoliten zu kostspielig sein würde.

In solchen und ähnlichen Fällen erscheint ein Verfahren, welches gestattet, den Kompaß auch in Gegenwart von Eisen zu benutzen, sehr angebracht.

Dasselbe gilt auch für Messungen über Tage mit der Bussole.

§ 75. **Das Verfahren im allgemeinen.** Alle Konstruktionen solcher Hilfsapparate beruhen auf der Thatsache, daß die Ablenkung der Nadel dieselbe bleibt, wenn ihr Aufhängepunkt seinen Ort in bezug auf die ablenkenden Gegenstände nicht verändert.

Das Verfahren setzt voraus, daß die Messung mit einer Schnur beginnt, deren Streichen unbeeinflußt von Ablenkungen unmittelbar abgelesen worden war. Eine solche Schnur wird kurz eine eisenfreie genannt.

In Fig. 182 sei das eisenfreie Streichen der Schnur $ab = 81^0$ bezw. Ost 81^0, vom Punkte b ab mag in der zu vermessenden Strecke die Nadel durch eiserne Schienen abgelenkt werden. Man bringt nun den Kompaß zentrisch über oder unter den Punkt b so an, daß man ohne den Ort der Magnetnadel zu ändern, einmal das Streichen von ba und dann das Streichen von bc bestimmen kann.

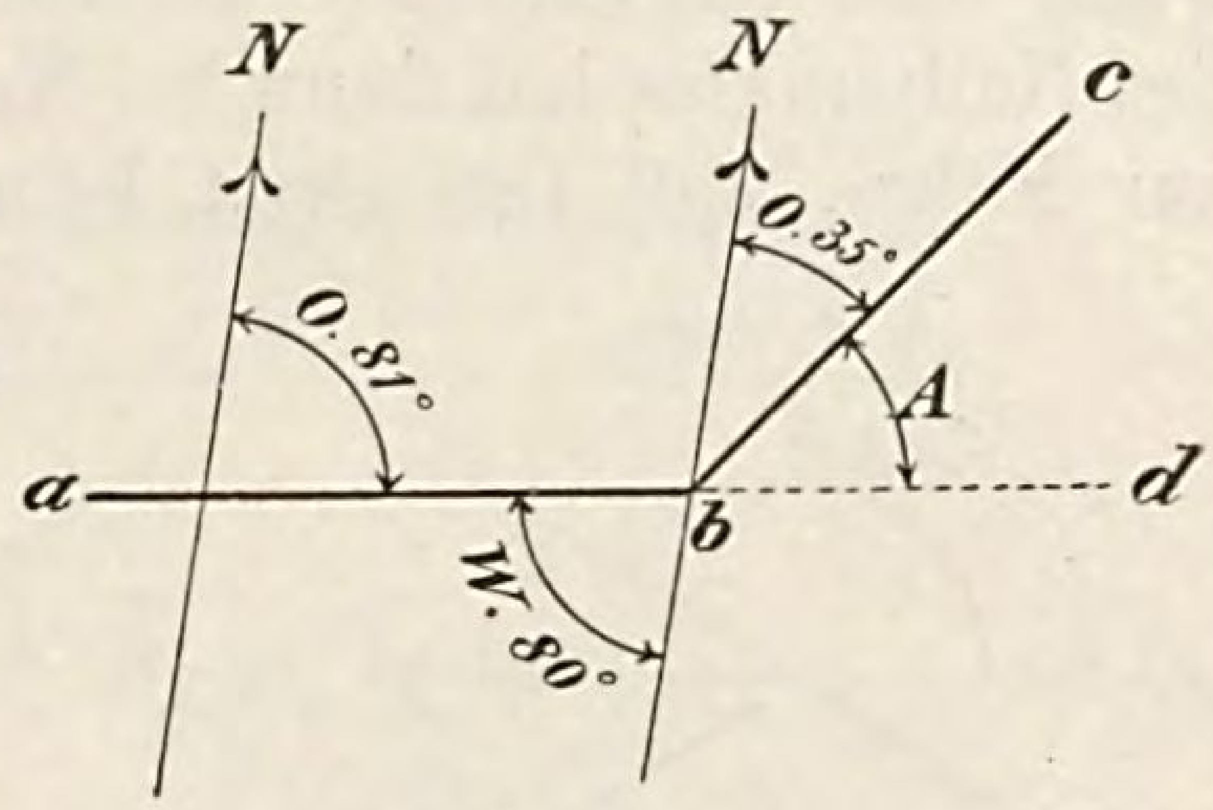


Fig. 182. Ermitteln des eisenfreien Streichens.

In beiden Fällen wird die Nadel abgelenkt, aber da der Aufhängepunkt der Nadel seine Lage nicht ändert, so wird jeder der beiden Streichwinkel um einen gleichen Betrag falsch. Das Streichen von ba sei 260^0 bezw. West 80^0 und das von bc sei 35^0 bezw. Ost 35^0 gefunden worden. Das eisenfreie Streichen von ab war 81^0, mithin beträgt die Ablenkung am Punkte b einen Grad in dem Sinne, daß die Streichwinkel um diesen Betrag zu klein abgelesen werden. Das eisenfreie Streichen von bc ist demnach $35^0 + 1^0 = 36^0$. Auf jedem der folgenden Punkte verfährt man ebenso.

So einfach dieses Verfahren der Berechnung der berichtigten Streichwinkel ist, so wird gewöhnlich doch ein anderes eingeschlagen, wobei der der Außenwinkel $cbd = A$, den die Verlängerung bd der rückwärts gelegenen Polygonseite ab mit der vorwärts gelegenen bc einschließt, eine Rolle spielt.

Auf jedem Polygonpunkte wird das Streichen Sr der rückwärts gerichteten Schnur ba und das Streichen Sv der vorwärts gerichteten Schnur bc ermittelt.

Das am durchzählenden Kompaß abgelesene Streichen von ba (Sr) verwandelt man durch Hinzufügen von $\pm 180^0$ in das Streichen von ab oder was dasselbe ist in das von bd. Dann ist der Außenwinkel $A = Sv - (Sr - 180)$.

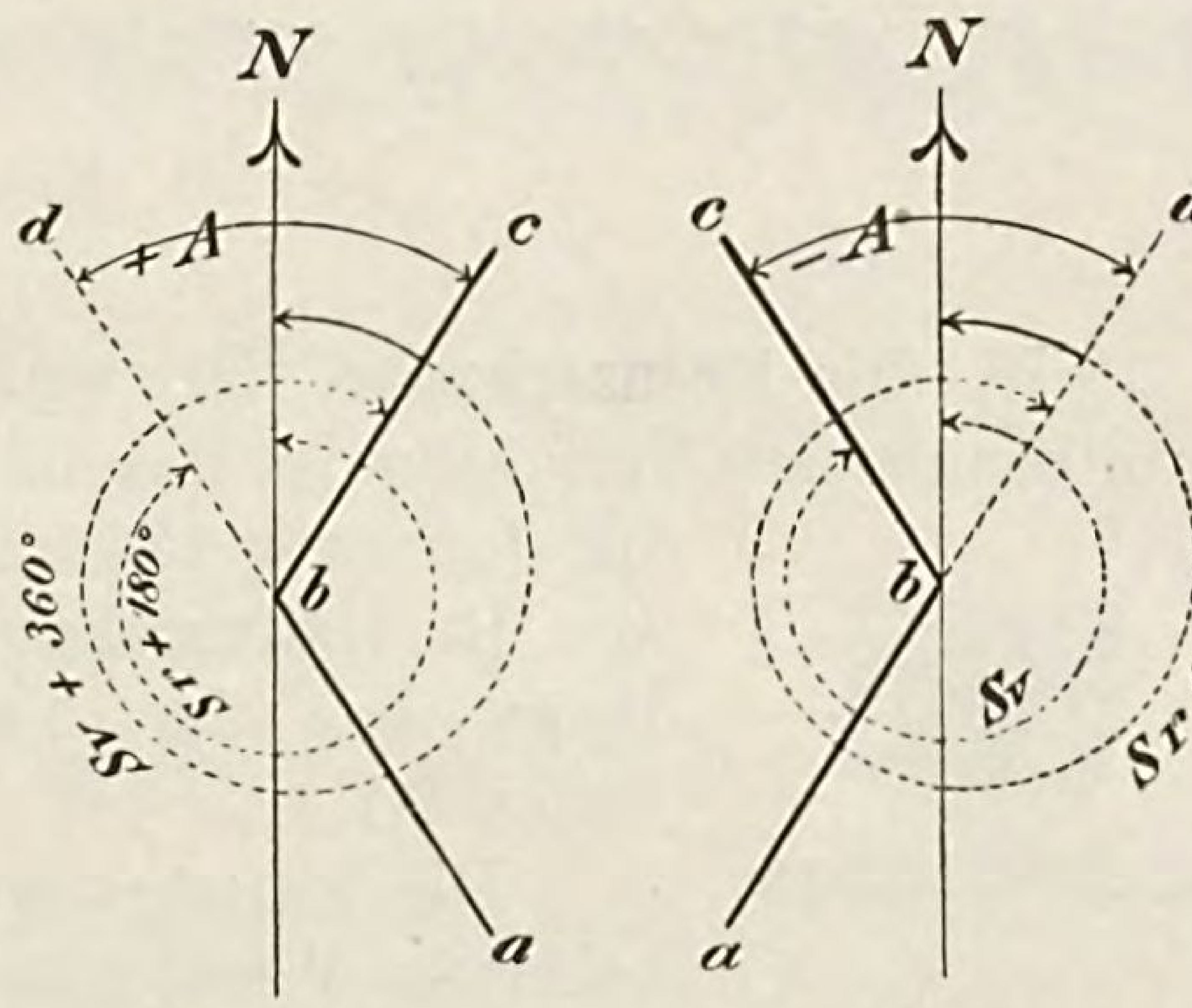


Fig. 183. Fig. 184.
Ableitung des Außenwinkels.

Den so gefundenen Außenwinkel, der positiv und negativ sein kann, addiert man algebraisch zum eisenfreien Streichen der letzten Schnur und erhält so das eisenfreie Streichen der folgenden.

Überschreitet beim Überführen der Nulllinie aus der Richtung ab bezw. bd in bc die Nadelspitze den Nullpunkt, so wird beim durchzählenden Kompasse, wenn das Überführen durch rechtsinnige Drehung erfolgte (Fig. 183), zu Sv 360^0 hinzu-

gefügt, und wenn es mit widersinniger Drehung geschah (Fig. 184), die Summe $Sr + 180^0$, auch wenn sie größer als 360^0 ist, in Rechnung gezogen.

Das Streichen der Verlängerung von *ab* ergiebt sich von selbst, wenn man das Südende der Nulllinie nach *a* richtet. Das Überschreiten des Nullpunktes hat dann bei Kompässen, deren Teilung nicht durchzählt, zur Folge, daß 180 Grad beim rechtsinnigen Drehen des Kompasses (Fig. 185) zu *Sv*, beim widersinnigen Drehen (Fig. 186) zu *Sr* hinzugefügt werden.

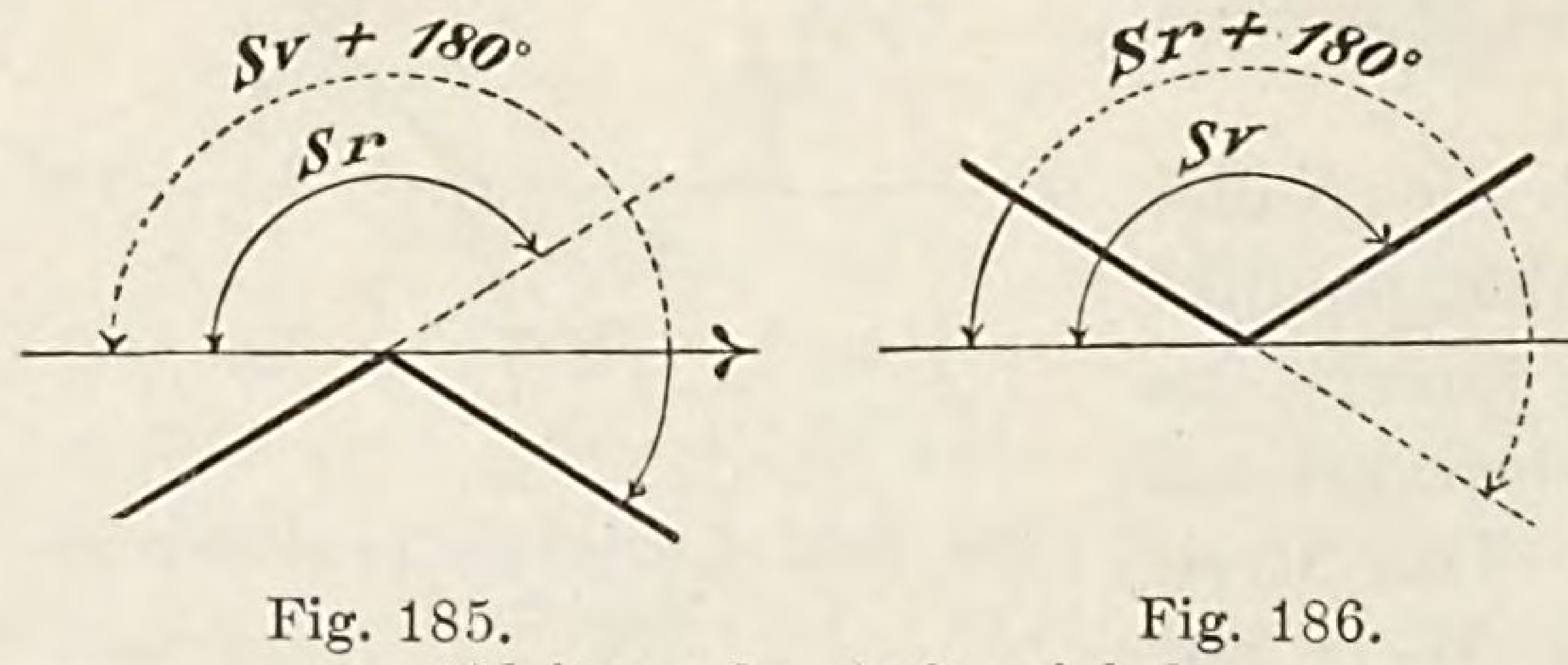
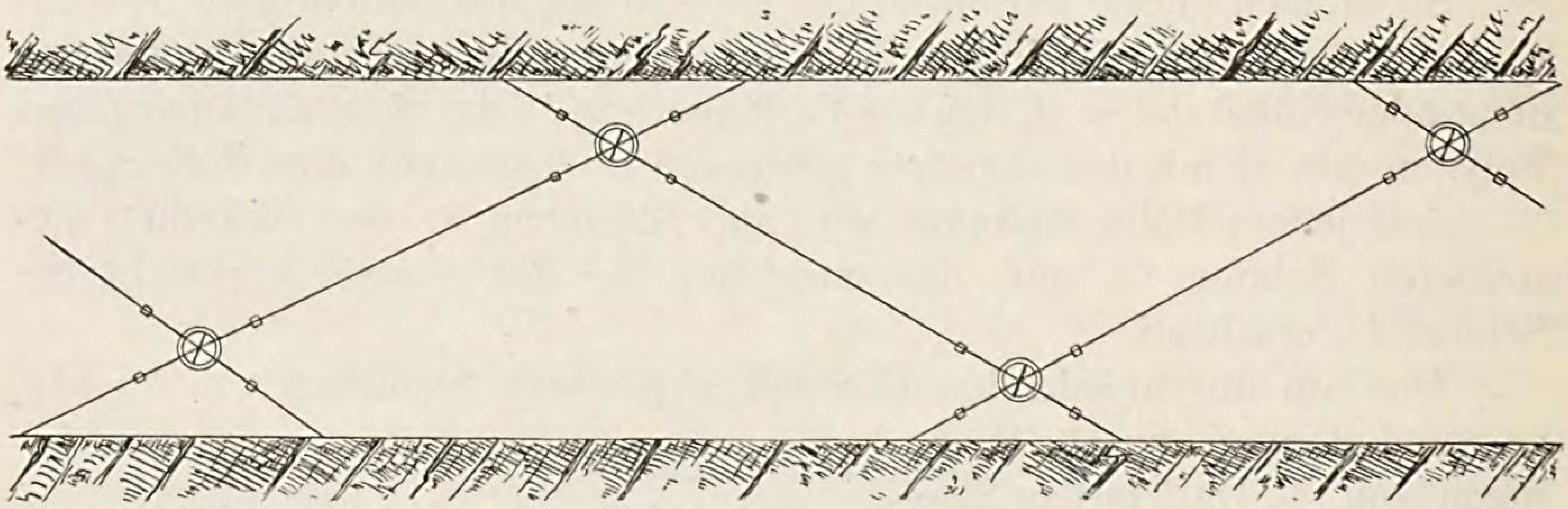


Fig. 185. Fig. 186.
Ableitung des Außenwinkels.

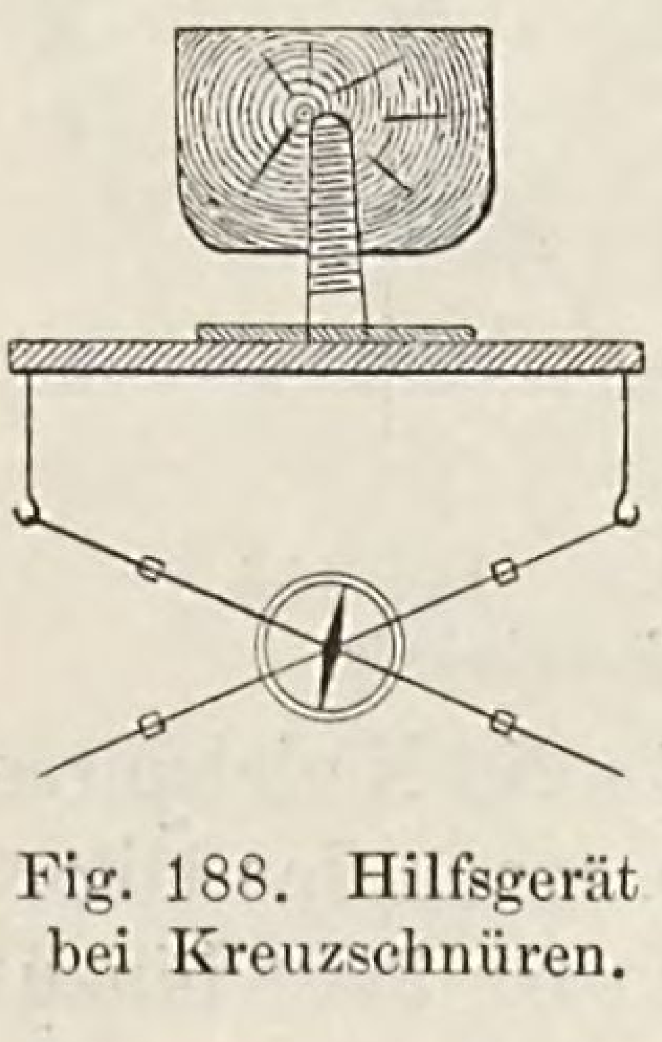
Die eben aufgestellten Regeln über das Hinzufügen von 360 bezw. 180 Grad, was beim Überschreiten des Nullpunktes eintreten muß, lassen sich leicht dadurch merken, daß der rechte Schenkel des Außenwinkels *A* immer einen größeren Streichwinkel haben muß als der linke. Im übrigen vergleiche das Beispiel am Schluß des Kapitels.


Fig. 187. Kreuzschnüre.

§ 76. **Die Kreuzschnüre.** Das einfachste, älteste, aber auch zugleich unvollkommenste Verfahren ist das mit Hilfe der Kreuzschnüre, welches im Jahrgang 1844 der Berg- u. Hüttenm. Zeit. S. 278 von Rittinger beschrieben, aber nachweisbar schon lange vor der Veröffentlichung in Gebrauch gewesen ist.

Die Schnüre werden in der aus Fig. 187 zu ersehenden Weise gespannt und an den Kreuzungspunkten durch Zwirnsfäden verbunden.

Man hat auch ein kleines Hilfsgerät vorgeschlagen, das in die Grubenzimmerung eingeschraubt wird, und aus der Fig. 188 ohne weiteres verständlich ist.


Fig. 188. Hilfsgerät bei Kreuzschnüren.

§ 77. Das Braunsdorfsche Hängezeug. Im Jahre 1834 konstruierte der damalige Bergamtsassessor Braunsdorf in Freiberg ein Hängezeug, das im Jahre 1846 von dem Mechanikus Lindig[1] in Dresden, dem ein

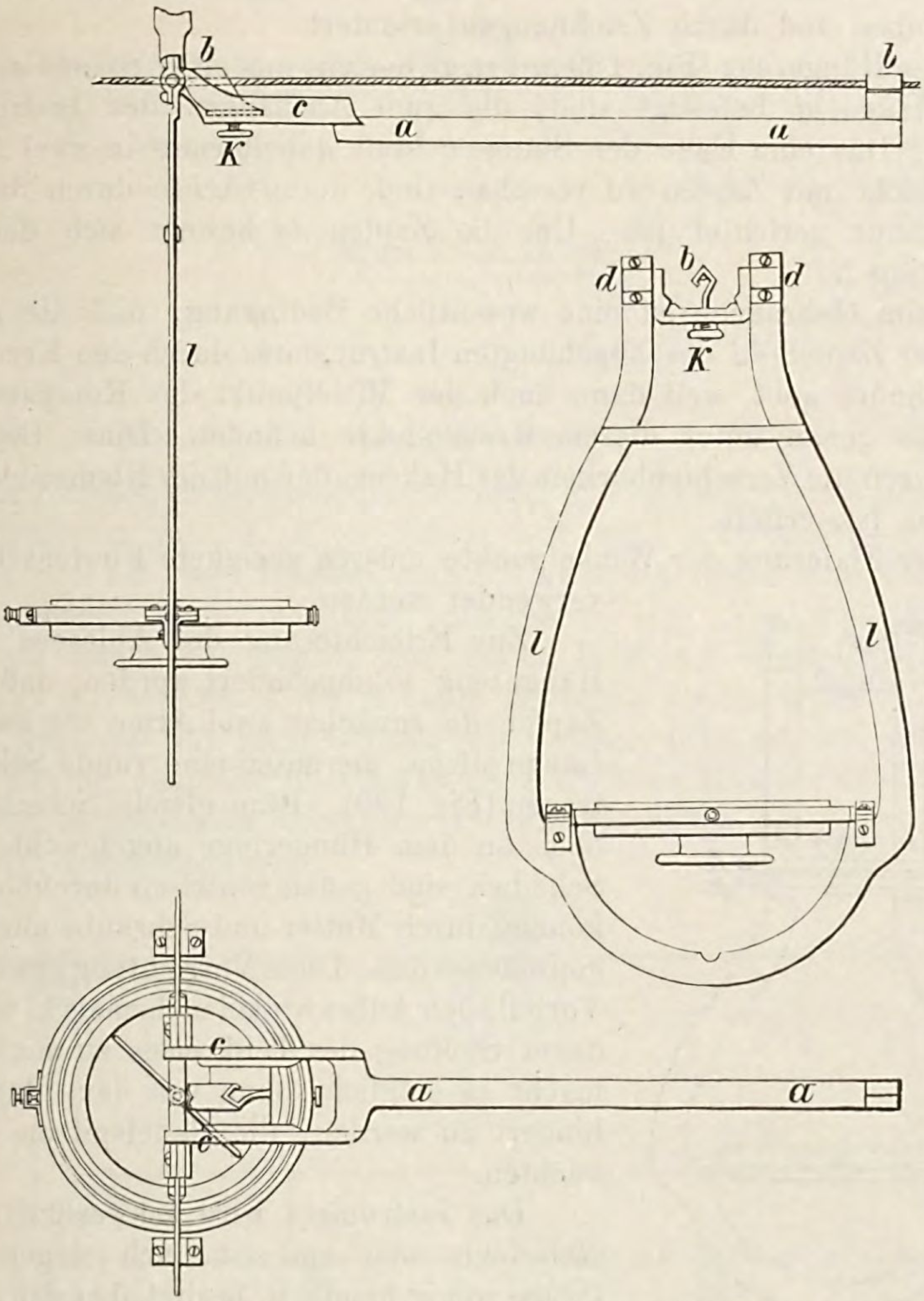


Fig. 189 a, b. u. c. Das Braunsdorfsche Hängezeug.

solches Instrument anzufertigen aufgegeben war, zum ersten Male in der „Deutschen Gewerbezeitung" beschrieben wurde. Die Beschreibung ist im Bergwerksfreund Band X (1846) Nr. 46 abgedruckt.

[1] Nach diesem Mechanikus wird unrichtiger Weise das ganze Verfahren das Lindigsche genannt. Die Benennung nach dem Erfinder Braunsdorf würde zutreffender sein.

In Nr. 27 desselben Bandes findet sich ein Aufsatz: „Über die mit dem LINDIGschen Markscheiderinstrumente gemachten Erfahrungen nebst den daran vorgenommenen Abänderungen“ und schließlich hat der Erfinder BRAUNSDORF in Nr. 40 d. Jahrg. 1846 das Instrument nochmals beschrieben und durch Zeichnungen erläutert.

Das Hängezeuz (Fig. 189 a, b u. c) besteht aus einer Stange *a*, an der zwei Haken *bb* befestigt sind, die zum Aufhängen des Instrumentes dienen. Das eine Ende der Stange *a* läuft gabelförmig in zwei Arme *cc* aus, welche mit Zapfen *dd* versehen sind, deren Achse durch die Mitte der Schnur gerichtet ist. Um die Zapfen *dd* bewegt sich der lange Hängering *l*.

Beim Gebrauche ist eine wesentliche Bedingung, daß die Achsenlinie der Zapfen *dd* des angehängten Instrumentes durch den Kreuzpunkt der Schnüre geht, weil dann auch der Mittelpunkt des Kompasses sich ebenfalls genau unter diesem Kreuzpunkte befindet. Diese Bedingung wird durch die Verschiebbarkeit des Hakens, der mit der Klemmschraube *k* versehen ist, erfüllt.

Zur Fixierung der Winkelpunkte müssen geeignete Firstenschrauben verwendet werden.

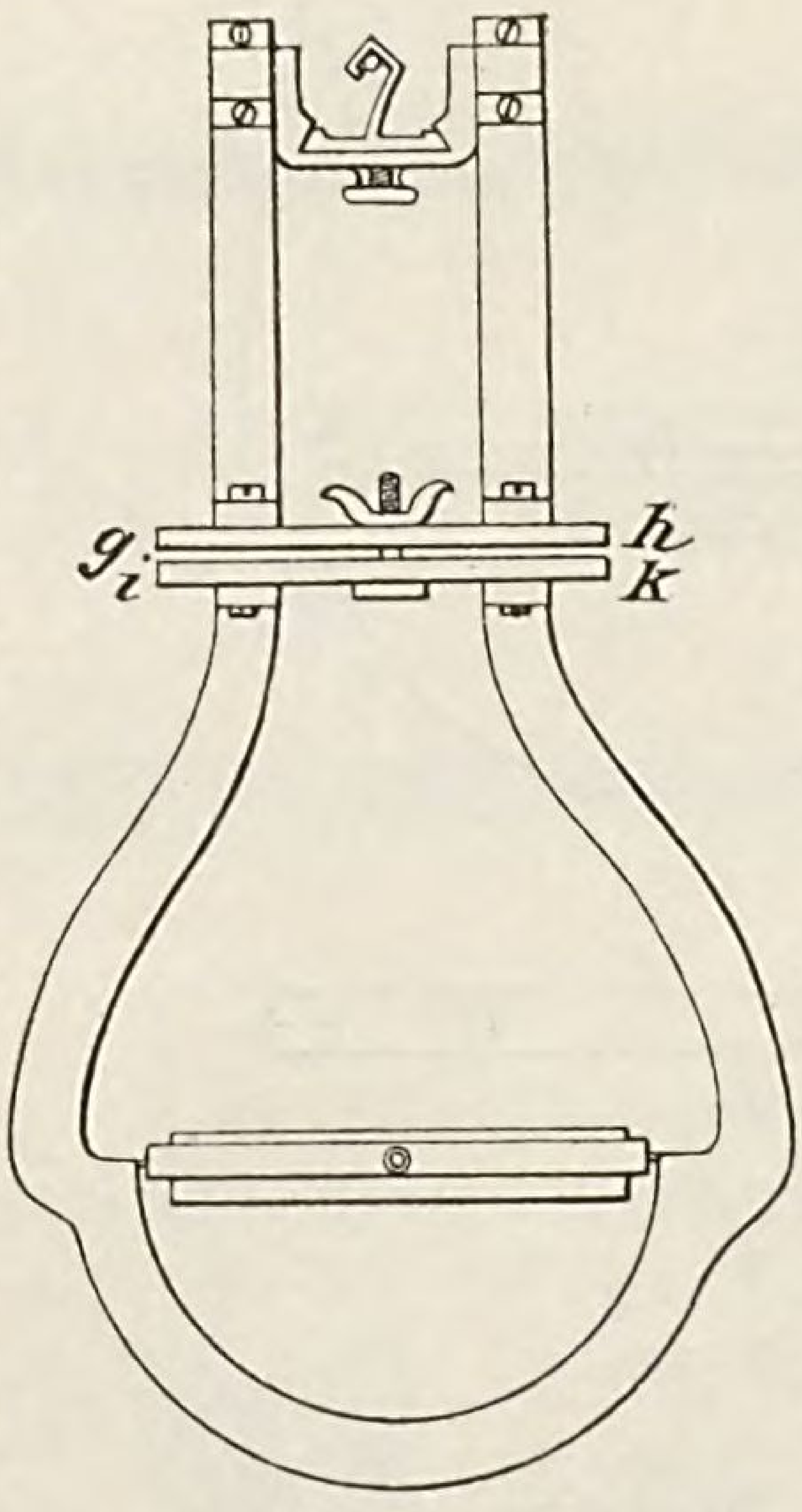


Fig. 190. Verbessertes BRAUNSDORFsches Hängezeug.

Zur Erleichterung des Ablesens ist das Hängezeug so abgeändert worden, daß an den Zapfen *dd* zunächst zwei Arme von ca. 15 cm Länge sitzen, die unten eine runde Scheibe *gh* tragen (Fig. 190). Eine gleiche Scheibe *ik* ist oben an dem Hängeringe angebracht. Beide Scheiben sind genau zentrisch durchbohrt und können durch Mutter und Schraube aneinander gepreßt werden. Diese Vorrichtung gewährt den Vorteil, den Außenwinkel mehrmals in verschiedener Stellung des Teilkreises zu messen und macht es möglich, ohne von dem Bügel verhindert zu werden, die Nadelspitzen zu beobachten.

Das Instrument wird schwerlich noch in Gebrauch sein und ist auch wegen seiner Größe wenig handlich, besitzt aber den anderen Apparaten gegenüber den Vorzug, daß es an den Punkten, wo zwei Schnüre von sehr verschiedener Neigung zusammenstoßen, sich beidemale ohne wesentliche senkrechte Verschiebung des Aufhängepunktes der Nadel anhängen läßt.

§ 78. **Die Kompaßstäbchen von Reichelt und Lehmann.** Ein anderer, sehr einfacher Apparat ist das Kompaßstäbchen, das vom Markscheider

Reichelt zu Schwarzenberg erfunden und in Nr. 47 der B.- u. H. Zeit. vom Jahre 1856 beschrieben worden ist. 17 Jahre später hat der Markscheider Lehmann in Klausthal ein ganz ähnliches Instrument konstruiert und in derselben Zeitung 1873 Nr. 16 beschrieben.

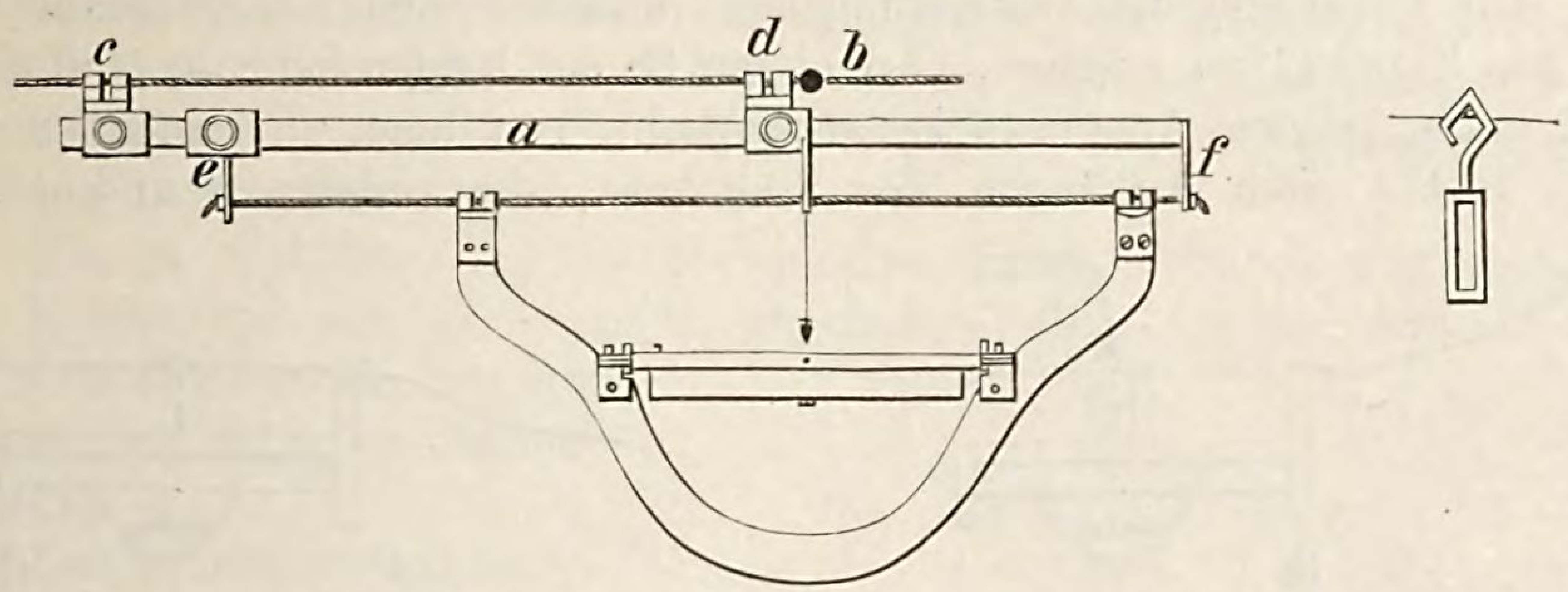


Fig. 191 a u. b. Das Kompaßstäbchen von Reichelt.

Das Reicheltsche Kompaßstäbchen (Fig. 191 a u. b) besteht aus einem Messingstabe *a* von ca. 40 cm Länge mit zwei verschiebbaren Haken *c* und *d* und mit zwei Haltern *e* und *f*, zwischen denen eine Darmsaite zum Anhängen des Kompasses eingespannt ist. Von dem Haken *d* hängt ein feines Lot herab, mit dessen Hilfe der Kompaßstift genau unter den Kreuzpunkt *b* der Schnüre gebracht werden kann. Dies geschieht dadurch, daß nach Lüftung der Preßschraube an dem verschiebbaren, fest an den Schraubenpunkt *b* angehaltenen Haken *d* das Stäbchen samt dem angehängten Kompasse bis zum Einspielen des Lotes auf die Stiftspitze geschoben wird.

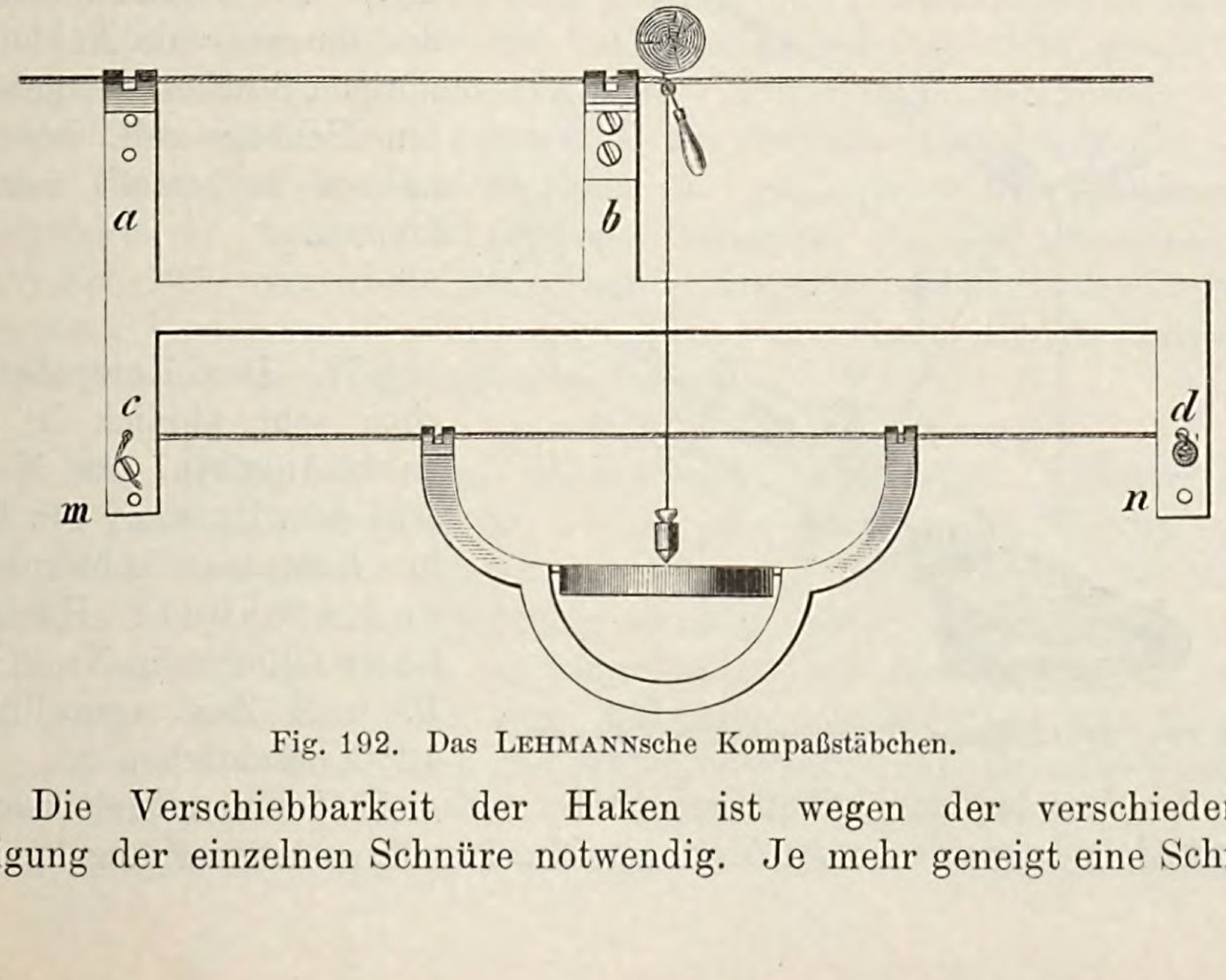


Fig. 192. Das Lehmannsche Kompaßstäbchen.

Die Verschiebbarkeit der Haken ist wegen der verschiedenen Neigung der einzelnen Schnüre notwendig. Je mehr geneigt eine Schnur

ist, um so näher kommt der Haken *c* dem Haken *d*. Das Stäbchen muß über *b* hinausgeschoben werden und der hinausragende Teil des Stäbchens wird so lang, daß der Haken vor dem Abspringen von der Schnur durch Vorstecker geschützt werden muß.

Die Form und die Anwendung des Lehmannschen Kompaßstäbchens ist aus Fig. 192 zu ersehen. An einem 38 cm langen Lineale sind oben und unten je zwei Ansatzstücke angebracht, von denen die einen *c* und *b* zwei Haken zum Anhängen des Stäbchens, die anderen *a* und *d* mit

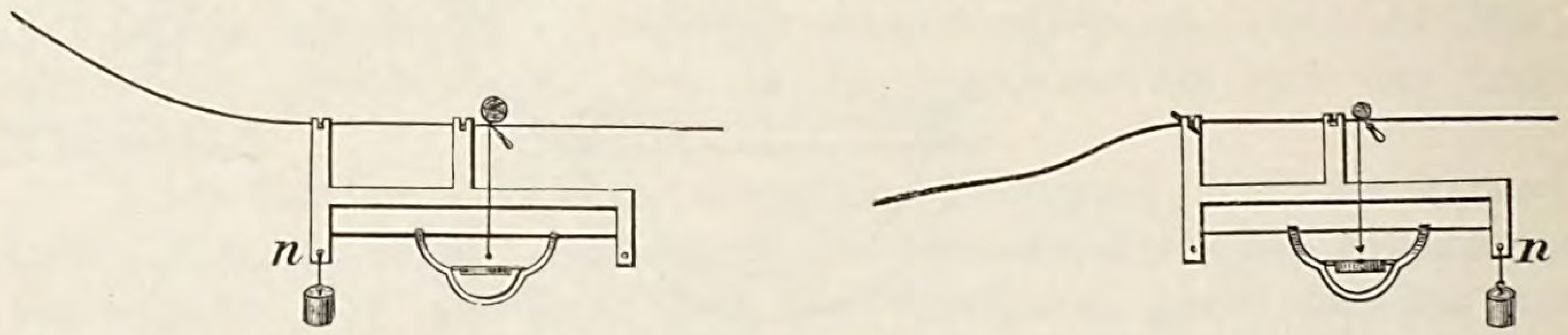


Fig. 193 a u. b. Aufhängen des Lehmannschen Kompaßstäbchen an geneigten Schnüren.

Löchern versehen sind zum Einspannen einer Schnur für den Kompaß. Die Löcher *m* und *n* dienen bei geneigten Schnüren zum Einhängen von Gewichten. Bei sehr steilen Schnüren wird man nämlich den am Lehmannschen Instrument hängenden Kompaß gar nicht unter den Winkelpunkt bringen können, da die Haken nicht verschiebbar sind.

Diesem Übelstande soll nach dem Vorschlage des Erfinders durch ein Gewicht abgeholfen werden, das nach Bedürfnis in das Loch *m* oder *n* der Ansatzstücke eingehängt wird (Fig. 193 a u. b). Die horizontale Lage des kurzen, zum Anhängen nötigen Stückes der geneigten Schnur soll dadurch nahezu hergestellt werden können.

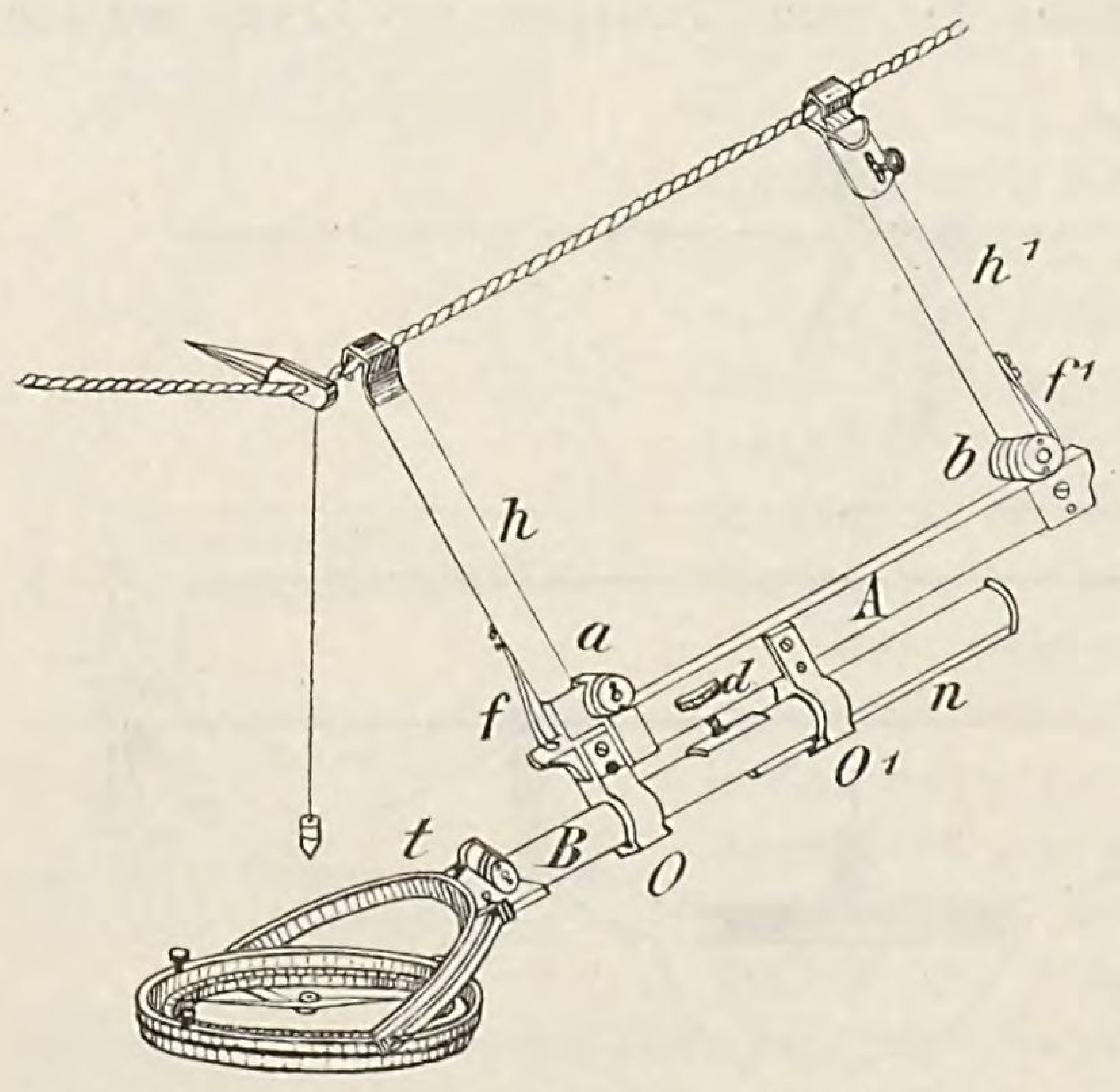


Fig. 194. Zentrierbarer Hängekompaß von Penkert.

§ 79. Dem Kompaßstäbchen sehr ähnlich ist der nach Angaben des Markscheiders Penkert von Ott in Kempten konstruierte zentrierbare Hängekompaß, der in Nr. 2 der B.- u. H. Zeit. vom Jahre 1880 beschrieben ist.

An dem hohlen vierkantigen Stabe *A* (Fig. 194) sind mittels dauerhafter Gelenke *a* und *b* zwei Arme aus Messingröhren *h* und *h'* angebracht,

die in ihrer rechtwinkeligen Lage durch Federn *f* und *f'* festgehalten werden. Diese Arme sind oben mit Haken zur Aufnahme der Schnur versehen. Der halbkreisförmige Kompaßträger *t* ist mit einem runden Messingrohre verbunden, das sich ca. 15 cm in den Ringen *O*, *O'* aus- und einschieben läßt, wodurch die Zentrierung des Kompasses bewirkt werden kann. Die Schraube *d* dient zur Feststellnng des Rohres *B* in den verschiedenen Stellungen, die Führungschiene *n* verhindert eine seitliche Drehung desselben.

Um zu verhüten, daß der Haken des Armes *h'* durch das Gewicht des Kompasses von der Schnur abgehoben wird, ist am Arm *h'* ein Schieber angebracht, der den Haken fest auf die Schnur drückt.

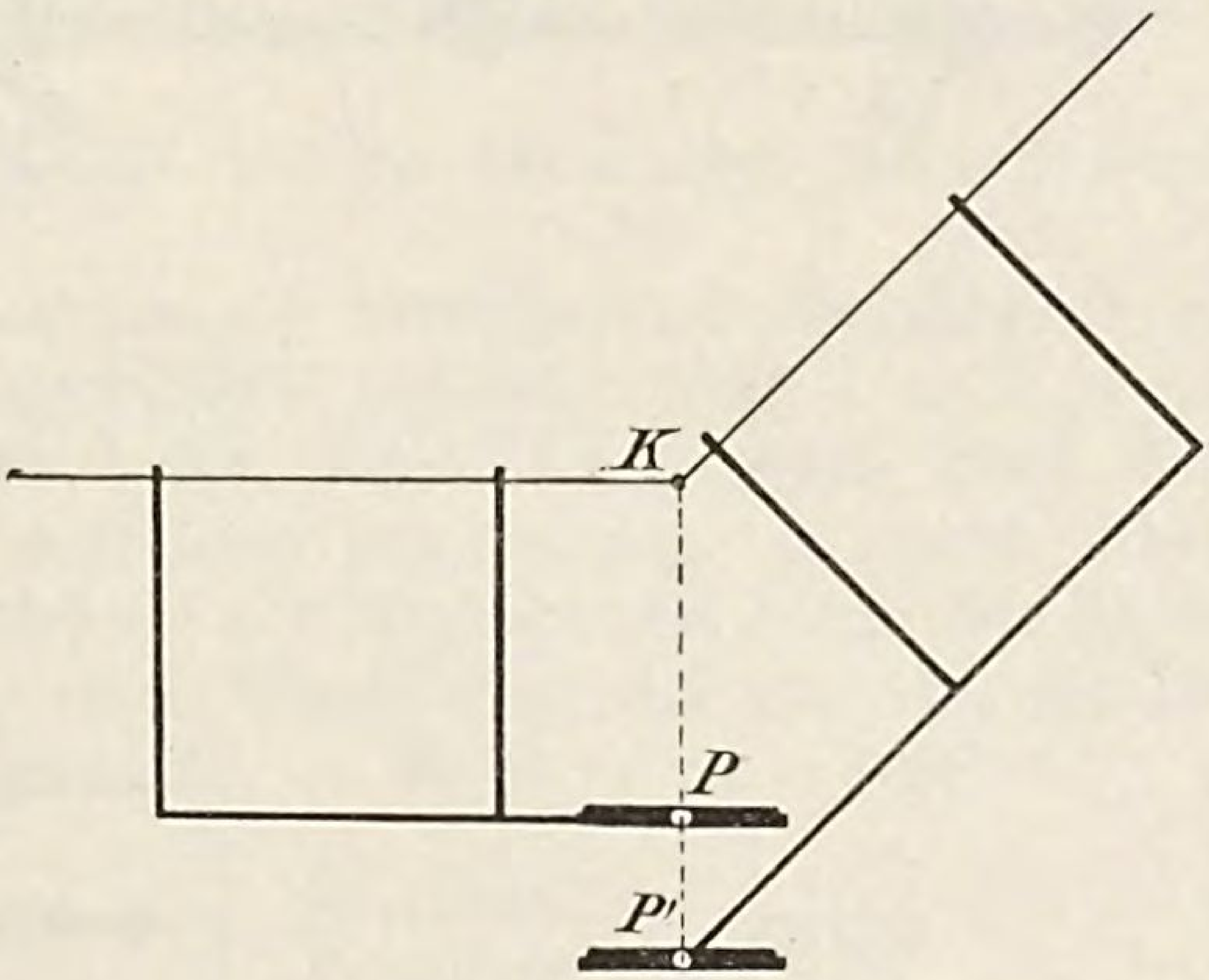


Fig. 195.

Der ganze Apparat findet in einer verhältnismäßig kleinen Tasche Platz, da sowohl der Kompaßträger als auch die Arme sich umklappen lassen. Der Hängekompaß läßt sich an Schnüren bis zu 45 Grad Ansteigen zentrieren und an eisenfreie Stellen wie das gewöhnliche Hängezeug anwenden.

Der zentrierbare Hängekompaß sowie die Kompaßstäbchen von Reichelt und Lehmann leiden an dem Übelstande, daß sie nur bei horizontalen und wenig geneigten Schnüren mit Erfolg zu benutzen sind. Stoßen eine horizontale und eine stark geneigte Schnur zusammen, so wird der Aufhängepunkt der Nadel *P* bezw. *P'* wohl zentrisch, aber in verschiedener Tiefe unter dem Kreuzpunkte der Schnüre *K* zu liegen kommen, wie die schematische Skizze Fig. 195 veranschaulicht. Damit wird aber die Hauptbedingung des ganzen Verfahrens erschüttert, da die Magnetnadel ihre Entfernung von den ablenkenden Gegenständen ändert.

§ 80. Der von dem Markscheider Fuhrmann konstruierte (D. R.-P. Nr. 3245) und in Nr. 37 der B.- u. Hüttenm. Zeitung vom Jahre 1879 beschriebene Apparat wendet den Hängekompaß in Verbindung mit einer Absehvorrichtung an (Fig. 196 a, b. u. c).

Das wesentliche dieses Instrumentes ist ein Messingstab *aa* von einer Länge und Dicke, die zum Anhängen von Kompaß und Gradqogen genügt. Der Stab ist an den Enden mit Haken zum Befestigen einer Schnur sowie mit zwei Diopten *bb* versehen und in der Mitte mit einem Kugelgelenk fest verbunden. Die Kugel des Gelenkes bildet die Verbin-

dung des Diopterstabes mit der Vorrichtung zur Befestigung des ganzen Apparates an Zimmerung oder Spreizen und kann mittels eines beweglichen Keiles *d*, der auf eine Deckplatte wirkt, in jeder Lage festgeklemmt werden.

Die Vorrichtung zum Befestigen des Apparates ist entweder ein besonderer Arm, der mit einem Klemmringe eine Spreize umfaßt, oder ein Pfriemen (Fig. 196 b u. c).

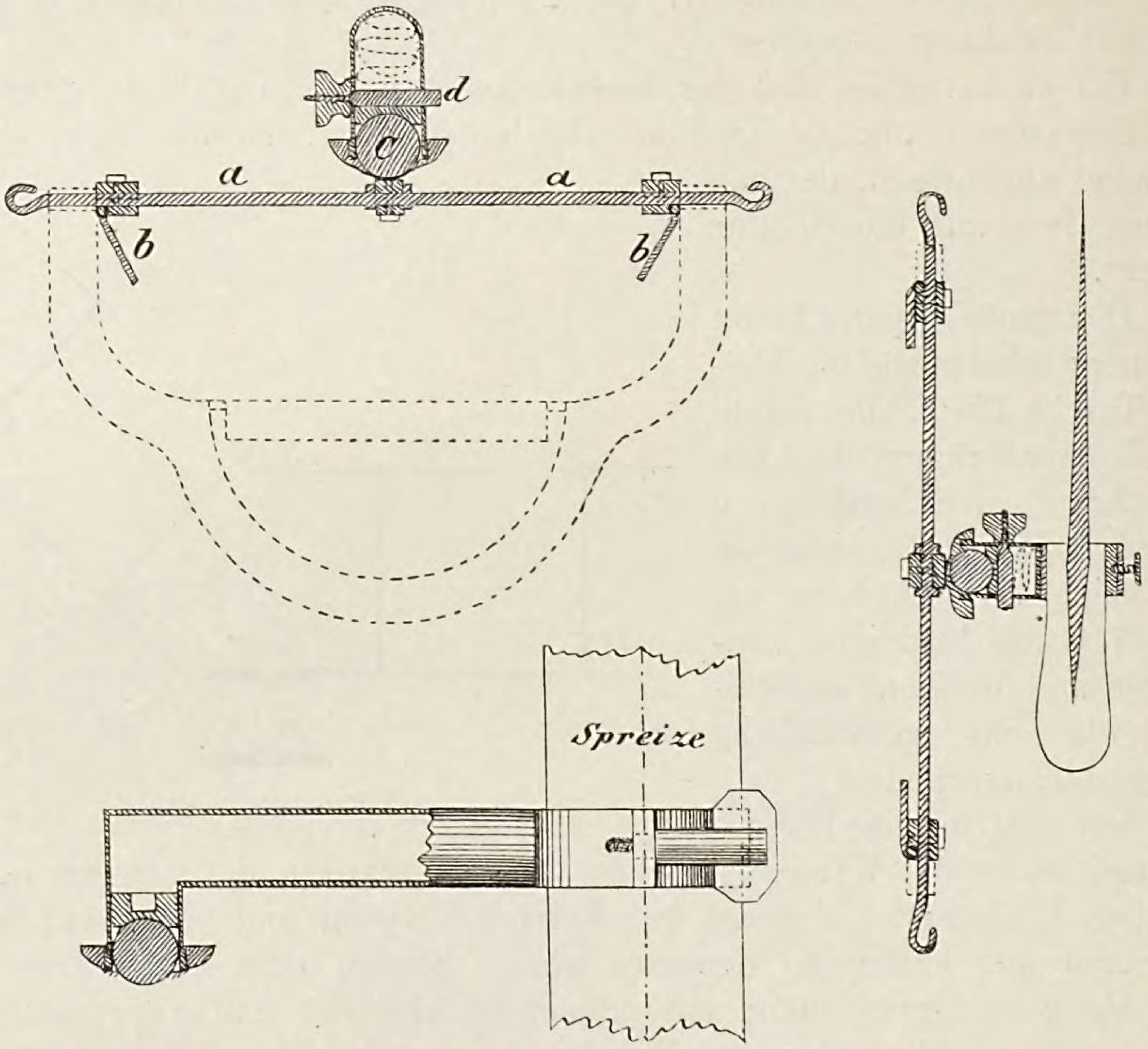


Fig. 196a, b u. c. Das Hängezeug von FUHRMANN.

Als Signale dienen Lampen, die an Signalköpfen aufgehängt werden, welche in ihren Abmessungen den vorher erwähnten Vorrichtungen entsprechen müssen.

Von den Vorteilen dieses Apparates, die der Erfinder anführt, sind folgende hervorzuheben:

1. Der Apparat beansprucht einen bescheidenen Raum, kann am Stoße, an einem Stempel u. s. w. angebracht werden und einen Wagenzug vorbeilassen.

2. Das Schnur- und Kettenspannen ist beim Winkelmessen ganz vermieden, da die Längen, wie bei jedem anderen Visierapparat, selbstständig gemessen werden.

3. Die Nadel des Kompasses und das Lot des Gradbogens kommen schneller zur Ruhe, als bei Benutzung der Schnur.

§ 81. Endlich hat man die Bussole bezw. einen mit Absehen versehenen Kompaß zum Messen über eisernen Schienen verwendet und damit das ganze Verfahren, namentlich wenn das verschärfte Beobachten der Streichwinkel hinzutritt, auf die höchste Stufe der Leistungsfähigkeit gebracht. Dafür erfordert aber das Verfahren mindestens eben so viel, wenn nicht mehr Mühe und Zeitaufwand, als das Messen mit dem Theodoliten, also mit einem Instrumente, das doch weitaus genauere Ergebnisse liefert.

Bei den hierzu benutzten Bussolen muß selbstverständlich Nadelstift und Absehen zentrisch zur Drehachse angebracht sein. Die Fig. 178 § 73 giebt die Konstruktion des Visierkompasses, der vorzüglich zu dieser Methode angewendet worden ist.

Das ganze Meßverfahren gleicht dem des Theodoliten mit verlorenen Punkten.

Das verschärfte Beobachten der Streichwinkel wird dadurch erreicht, daß der Außenwinkel mehreremal gemessen wird u. z. stets mit etwas verdrehter Kompaßbüchse oder, wenn der Kompaß diese Vorrichtung besitzt, mit etwas verdrehtem Stundenring. Dadurch erhält man andere Zahlen zur Ermittelung des Winkels und durch das Mittel aus sämtlichen Beobachtungen einen Winkelwert, der die Ablesegrenze der einmaligen Beobachtung übertrifft. z. B. R. = (Sr — 180°)

R. 60° 10′ V. 75° 45′	+ 15° 35′	R. 57° 45′ V. 44° 20′	— 13° 25′
R. 33° 5′ V. 48° 30′	+ 15° 25′	R. 98° 30′ V. 85° —′	— 13° 30′
R. 14° 30′ V. 30° 10′	+ 15° 40′	R. 17° —′ V. 3° 45′	— 13° 15′
Mittel:	+ 15° 33,3′	Mittel:	— 13° 23,3′

§ 82. Bei der Anwendung der vorstehend beschriebenen Kompaßapparate ist es bei längeren Zügen notwendig, in nicht allzu langen Zwischenräumen eisenfreie Schnüre einzuschalten, um durch Vergleichung des berechneten und beobachteten Streichens solcher Schnüre den Zug auf seine Richtigkeit prüfen bezw. berichtigen zu können.

Das Verfahren der Berichtigung ist einfach. Man leitet in bekannter Weise von einer eisenfreien Schnur ausgehend die Streichwinkel der sich anschließenden Schnüre ab, bis man bei dem zweiten eisenfreien Streichen ankommt. Stimmt das abgeleitete Streichen nicht mit dem unmittelbar beobachteten, so ist die Winkelmessung zu wiederholen, oder der Unterschied ist, wenn er nicht bedeutend ist, auf die Winkel zwischen der ersten und zweiten eisenfreien Schnur zu verteilen.

Die Streichwinkel der eisenfreien Schnüre sind mit besonderer Vorsicht zu messen.

Zunächst ist zu prüfen ob an der in Frage kommenden Stelle der Strecke keine die Magnetnadel ablenkenden Gegenstände vorhanden sind. Hiervon überzeugt man sich, wenn der Kompaß an verschiedenen Stellen einer gespannten Schnur immer denselben Streichwinkel angiebt.

In dem Kapitel der Magnetorientierung werden die genauesten Methoden der Streichwinkelbestimmung besprochen. Für diese jetzt in Frage kommenden Arbeiten genügt folgendes Verfahren.

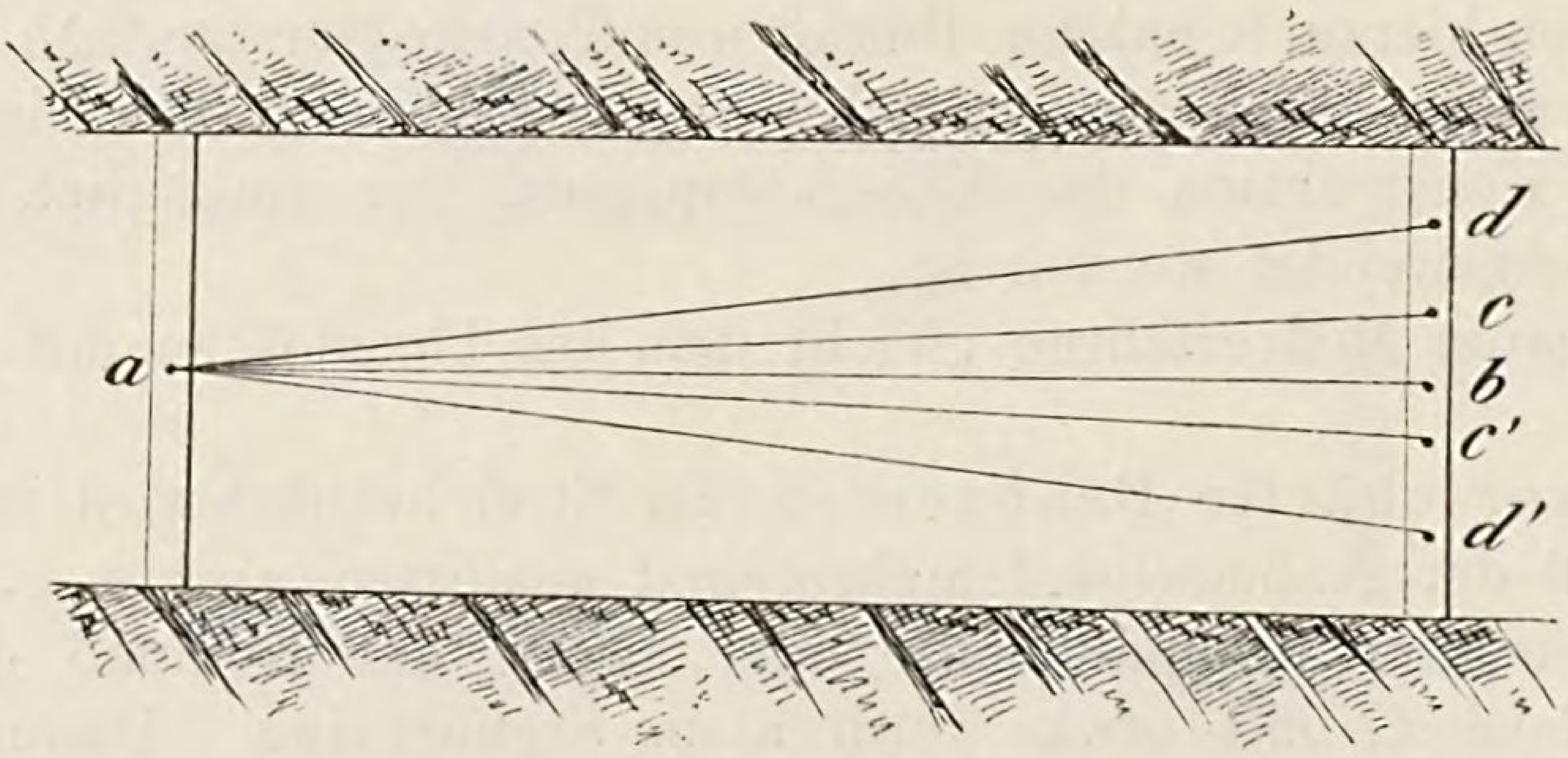


Fig. 197. Bestimmung eines eisenfreien Streichwinkels.

Die Endpunkte der Linie *ab* (Fig. 197) werden auf Spreizen gelegt, die rechtwinkelig zur Schnurrichtung geschlagen sind, und man mißt dann von dem einen Punkte *b* zu beiden Seiten gleiche Abstände $bc = bc'$, $bd = bd'$ ab und steckt in die Punkte *c*, *c'*, *d*, *d'* Pfriemen oder Nägel.

Von *a* spannt man Schnüre nach den Punkten auf der anderen Spreize und hängt nacheinander an alle den Kompaß. Aus dem Mittel des Streichens sämtlicher Schnüre erhält man einen genaueren Wert des Streichwinkels, als die einfache Beobachtung ergeben würde.

Wendet man den Visierkompaß an, so steht er zentrisch auf *a*, mit ihm werden die Punkte rechts und links von *b* nacheinander angezielt.

Zur Ausscheidung der schädlichen Einflüsse der magnetischen Variation und der Störungen sind gleichzeitige Beobachtungen an einem Deklinatorium zu machen, bezw. ist die in Frage kommende Tageskurve eines selbstschreibenden Deklinatoriums einzusehen. Ist hierfür die Arbeit nicht wichtig genug, so ist die Messung in den Abendstunden oder des Nachts auszuführen, wo beim regelmäßigen Verlauf der Variationen die Richtung der Magnetnadel wenig ändert.

§ 83. Zur Beurteilung der Genauigkeit von solchen Zügen im Vergleich mit anderen Messungen hat Professor von Miller-Hauenfels den zu befürchtenden Endfehler berechnet von Messungen ein und desselben Zuges nach verschiedenen Methoden und mit verschiedenen Instrumenten, und folgende Werte gefunden:

1. Bei Anwendung des Kompasses nach den besten der obigen

Methoden mit zwei eisenfreien Streichwinkeln am Anfang und Ende des Zuges nach Verteilung der gefundenen Abweichung 0,41 der Längeneinheit

2. bei derselben Methode mit einem eisenfreien Streichwinkel 0,50 „ „

3. bei Gebrauch des gewöhnlichen Hängezeuges 0,08 „ „

4. bei Gebrauch eines Theodoliten von 20″ mittlerem Fehler 0,04 „ „

Den Wert des Theodolitzuges gleich 1 gesetzt, würden sich die Genauigkeiten verhalten wie 10 : 12,5 : 2 : 1.

Leider liegen mir von derartigen Zügen nur wenige Ergebnisse in Zahlen vor, die auf ihre Richtigkeit nach erfolgtem Durchschlag oder auf andere Weise durch unmittelbare Messungen geprüft werden konnten. Diese wenigen Werte sind bezüglich ihrer Genauigkeit so schwankend, daß für den einmal ausgeführten Zug mit nur zwei eisenfreien Schnüren im Durchschnitt die sehr ungünstige Verhältniszahl 10 berechtigt sein dürfte.

Wenn trotzdem namentlich mit der zuletzt erwähnten, nach meinem Vater benannten Methode des verschärften Ablesens beachtenswerte Ergebnisse bei markscheiderischen Angaben auf große Entfernungen erzielt worden sind, so ist diese Thatsache auf Rechnung der häufigen Wiederholungen des Zuges und der vielen eingeschalteten eisenfreien Schnüre zu setzen.

Beispiel einer Kompaßmessung über eisernen Schienen.

Der Kompaß war in zweimal 180° geteilt und beim Zielen nach rückwärts (*r*) wurde das Südende der Nulllinie dahin gerichtet.

Standpunkt	Kompaß rückwärts vorwärts	Außenwinkel ±	Gr.	M.	Kompaß eisenfrei O/W	Gr.	M.	Sohle Meter	Neigung d. Schnur ±	Gr.	M.	Flache Länge Meter	Seigerteufe +	Seigerteufe −	Höhenzahl Meter	Zeichen, bis
															−10,000	*a*
a	eisenfrei				O	57	35	10,935	−	2	5	10,942		0,397	10,397	*b*
b	r. 141° 35′ v. 152° 20′	+	10	45	O	68	20	9,206	+	3	10	9,220	0,509		9,888	*c*
c	r. 172° 30′ v. 103° 10′	−	69	20	W	179	—	9,989	−	2	45	10,000		0,480	10,368	*d*
d	r. 12° —′ v. 36° 50′	+	24	50	O	23	50	11,184	+	3	—	11,200	0,586		9,782	*e*
e	r. 178° 5′ v. 183° —′[1]	+	4	55	O	28	45	9,771	−	2	30	9,780		0,426	10,208	*f*
f	r. 180° 45′[1] v. 179° 30′	−	1	15	O	27	30	10,000	+	0	10	10,000	0,029		10,179	*g*
f	eisenfrei				O	27	20[2]									*g*

[1] Der Ablesung ist 180° hinzugefügt. [2] Der Unterschied ist zu verteilen.

Siebentes Kapitel.

Das Nivellieren oder Höhenmessen.

§ 84. Unter dem Höhenunterschiede zweier Punkte versteht man den senkrechten Abstand ihrer wirklichen Horizonte, die nach § 1 geoidische Flächen sind.

Unter der Höhenzahl eines Punktes versteht man seinen senkrechten Abstand von einem bestimmten Horizonte, dem Vermessungs-

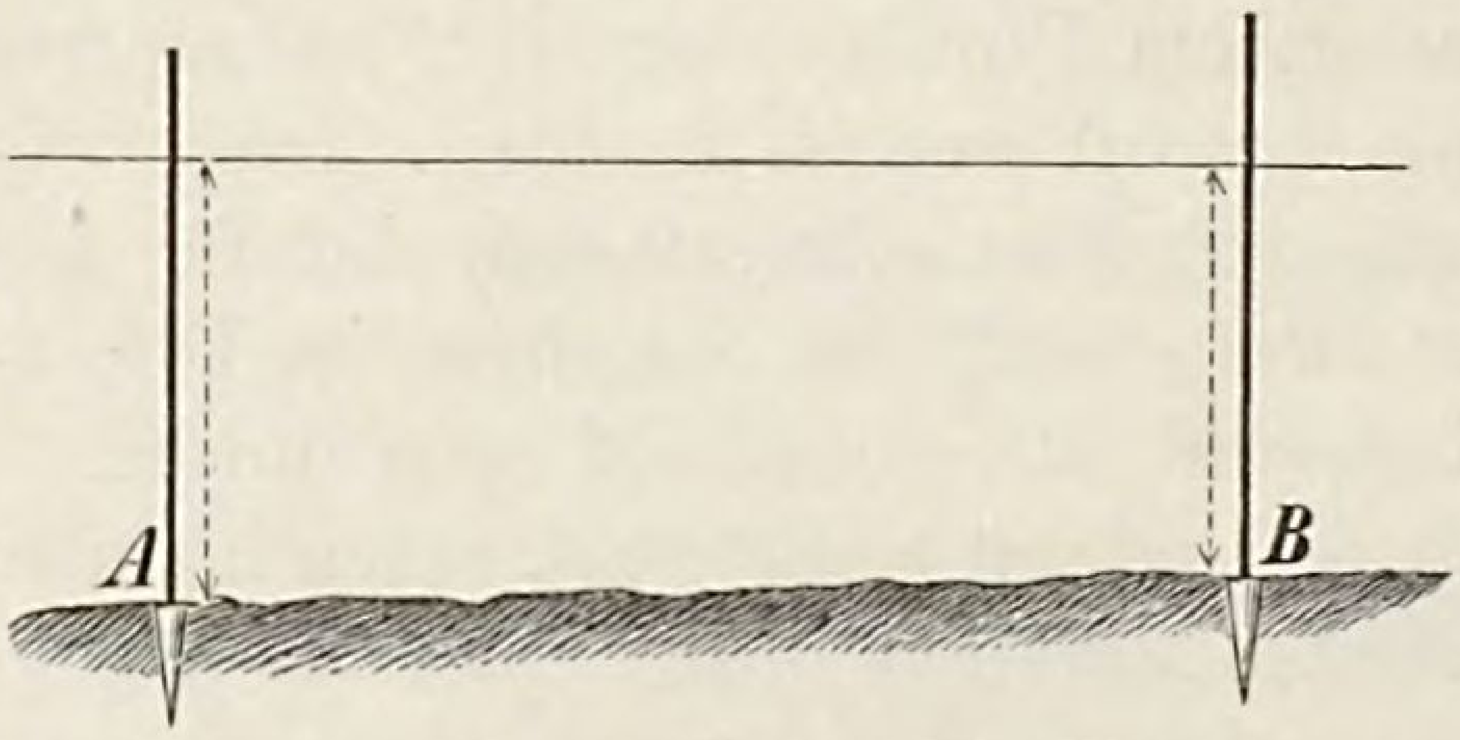


Fig. 198. Geometrisches Nivellieren.

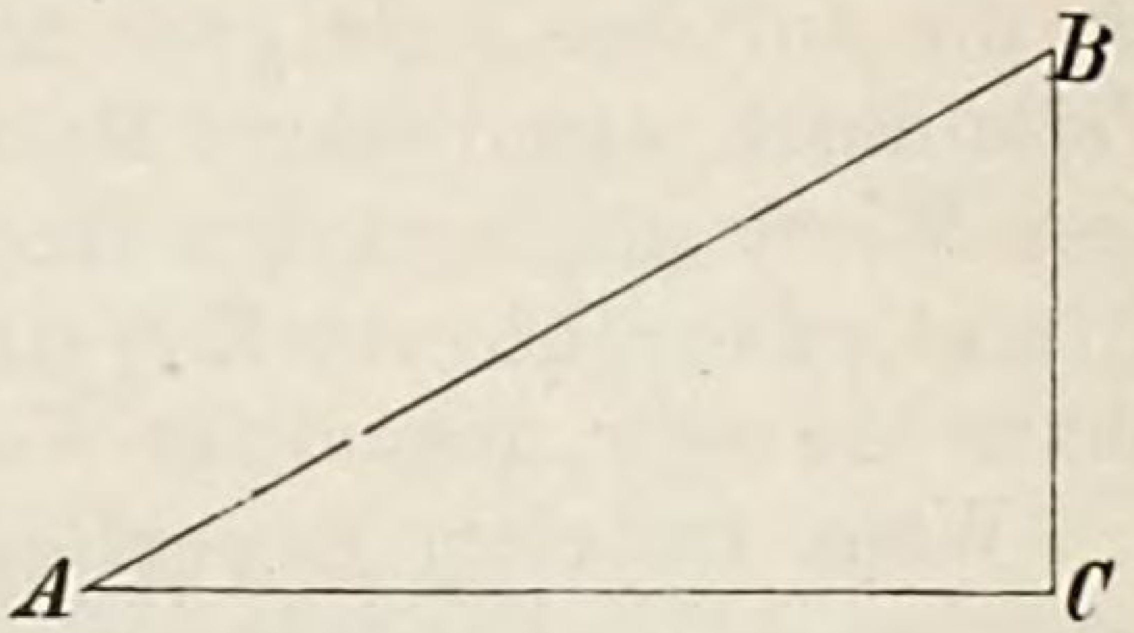


Fig. 199. Trigonometrisches Nivellieren.

horizonte (§ 11), der ebenfalls eine geoidische Fläche ist, aber bei bildlichen Darstellungen immer als gerade Linie gezeichnet wird.

Das Nivellieren oder Höhenmessen lehrt den Höhenunterschied von Punkten finden, wonach die Höhenzahlen durch Rechnung ermittelt werden.

Man unterscheidet mehrere Arten des Höhenmessens.

1. Das geometrische Höhenmessen oder das eigentliche Nivellieren; 2. das trigonometrische und 3. das physikalische Höhenmessen.

Bei dem geometrischen Nivellieren wird eine horizontale Linie oder Ebene konstruiert und der Abstand der beiden Punkte A und B von dieser Horizontalen durch Aufstellen senkrechter Latten unmittelbar gemessen (Fig. 198). Der Unterschied der beiden gemessenen Abstände ist der Höhenunterschied der beiden Punkte.

Die trigonometrische Höhenbestimmung erfordert Längen- und Winkelmessungen. Als Beispiel mag der einfachste Fall dienen. Zur Ermittelung des Höhenunterschiedes der Punkte A und $B = BC$ (Fig. 199) wird der Winkel BAC und eine der beiden Linien AB oder AC gemessen. Der gesuchte Höhenabstand BC wird durch trigonometrische Rechnung aus den beiden gemessenen Größen gefunden, woher die Bezeichnung abgeleitet ist.

Das physikalische Höhenmessen gründet sich auf die Verschiedenheit des Luftdruckes in verschiedenen Höhen. Das Barometer ist das hierbei gebräuchliche Instrument. Für die Markscheidekunst ist nur das geometrische und trigonometrische Höhenmessen von Wichtigkeit.

§ 85. Die zum Nivellieren dienenden Instrumente.

Bei allen Instrumenten, die zur Herstellung einer wagerechten Linie dienen, wird das Gesetz der Schwere ausgenutzt.

Man unterscheidet Pendelinstrumente, Kanalwagen und Libelleninstrumente.

Die Pendelinstrumente bestehen der Hauptsache nach aus einem mit einem Gewichte beschwerten Pendel, das mittels einer auf Schneiden ruhenden Achse aufgehängt und an dem rechtwinkelig zur Mittellinie des Pendels das Fernrohr befestigt ist.

Die Kanalwagen bestehen aus zwei kommunizierenden Röhren. Die in beiden Röhren gleich hochstehenden Säulen einer Flüssigkeit geben zur Herstellung einer wagerechten Ziellinie das Anhalten.

Die beiden bisher genannten Instrumente sind entweder gar nicht mehr im Gebrauch oder doch nur als Notbehelfe, sie sind von den Libelleninstrumenten vollständig verdrängt.

Die Hauptteile der Libelleninstrumente sind der Fuß, das Fernrohr und die Röhrenlibelle. Ferner ist meistens noch eine Dosenlibelle angebracht und einzelne Instrumente sind mit Kippschraube und Spiegel versehen.

Man teilt die Libelleninstrumente in zwei Hauptgruppen, in solche mit losen oder mit festverbundenen Teilen.

Das Fernrohr der ersten Gruppe liegt mit zwei Lagerringen in den Trägern, die oben durch zwei Riegel geschlossen werden (Fig. 200).

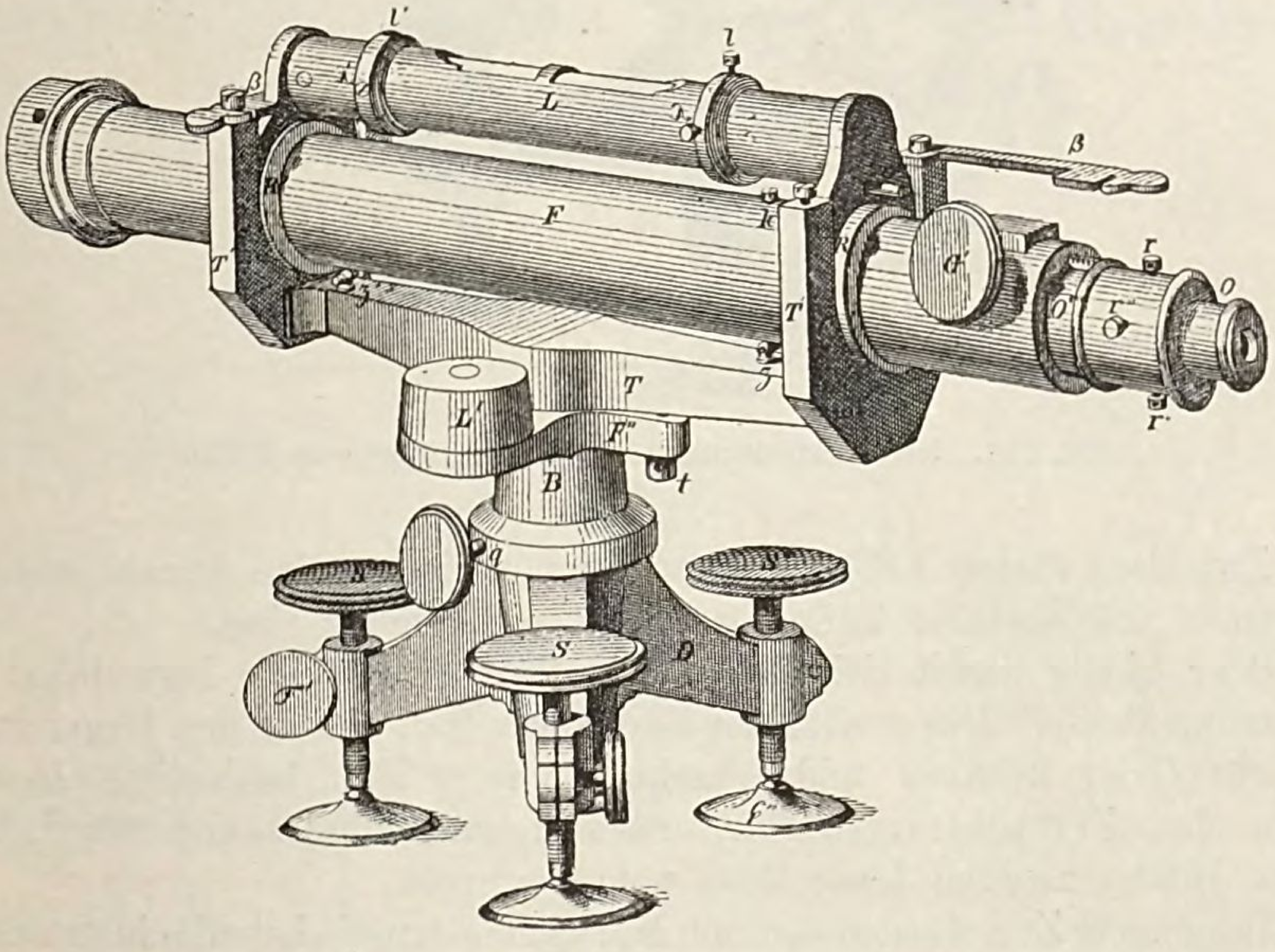


Fig. 200. Nivellierinstrument mit losen Teilen.

Die Röhrenlibelle ist auf den Lagerringen aufgesetzt und wird durch die oben erwähnten Riegel vor dem Herabgleiten geschützt. An den Stirnwänden der Libellenfassung sind Stifte eingeschraubt, die in entsprechende Einschnitte der Riegel passen.

An der Schiene, auf welcher die Fernrohrträger sitzen, ist eine Dosenlibelle angebracht.

Einer der Fernrohrträger kann zum Heben und Senken durch Zug- und Druckschrauben (vergl. § 28 Fig. 76) eingerichtet sein, es ist aber nicht durchaus erforderlich.

Fig. 201 zeigt das Bild eines Libelleninstrumentes mit fest verbundenen Teilen, was ohne Erklärung zu verstehen ist. Hier fehlt die jetzt überall angebrachte Dosenlibelle.

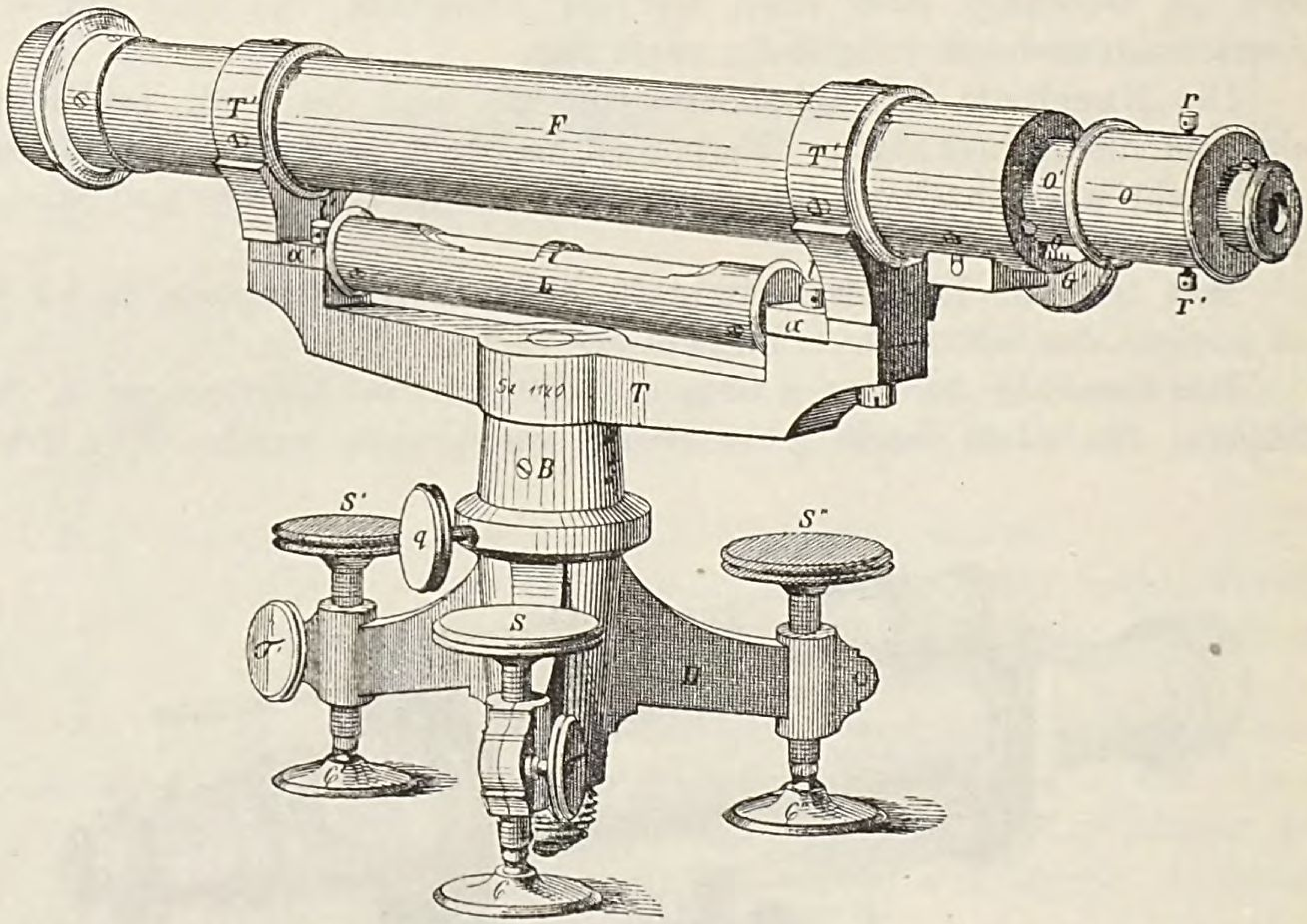


Fig. 201. Nivellierinstrument mit fest verbundenen Teilen.

Zwischen diesen beiden Konstruktionen liegen eine Anzahl anderer, bei denen nur einzelne Teile lose bezw. abnehmbar sind.

Sehr häufig findet sich das in Fig. 202 dargestellte Instrument mit Reversionslibelle. Diese sitzt am Fernrohre fest, das in den Lagerringen um 180 Grad drehbar und abnehmbar ist. Man beobachtet in zwei Lagen des Fernrohres, in der ersten Lage befindet sich die Libelle rechts, in der zweiten Lage links vom Fernrohr.

In neuerer Zeit werden von den Markscheidern die Libelleninstrumente mit Kippschraube viel gebraucht.

Fig. 203 zeigt ein solches mit festverbundenen Teilen, an dem eine Dosenlibelle und ein Spiegel, zur Erleichterung der Libellenbeobachtung angebracht sind. Das zum Distanzmessen eingerichtete Fadenkreuz des

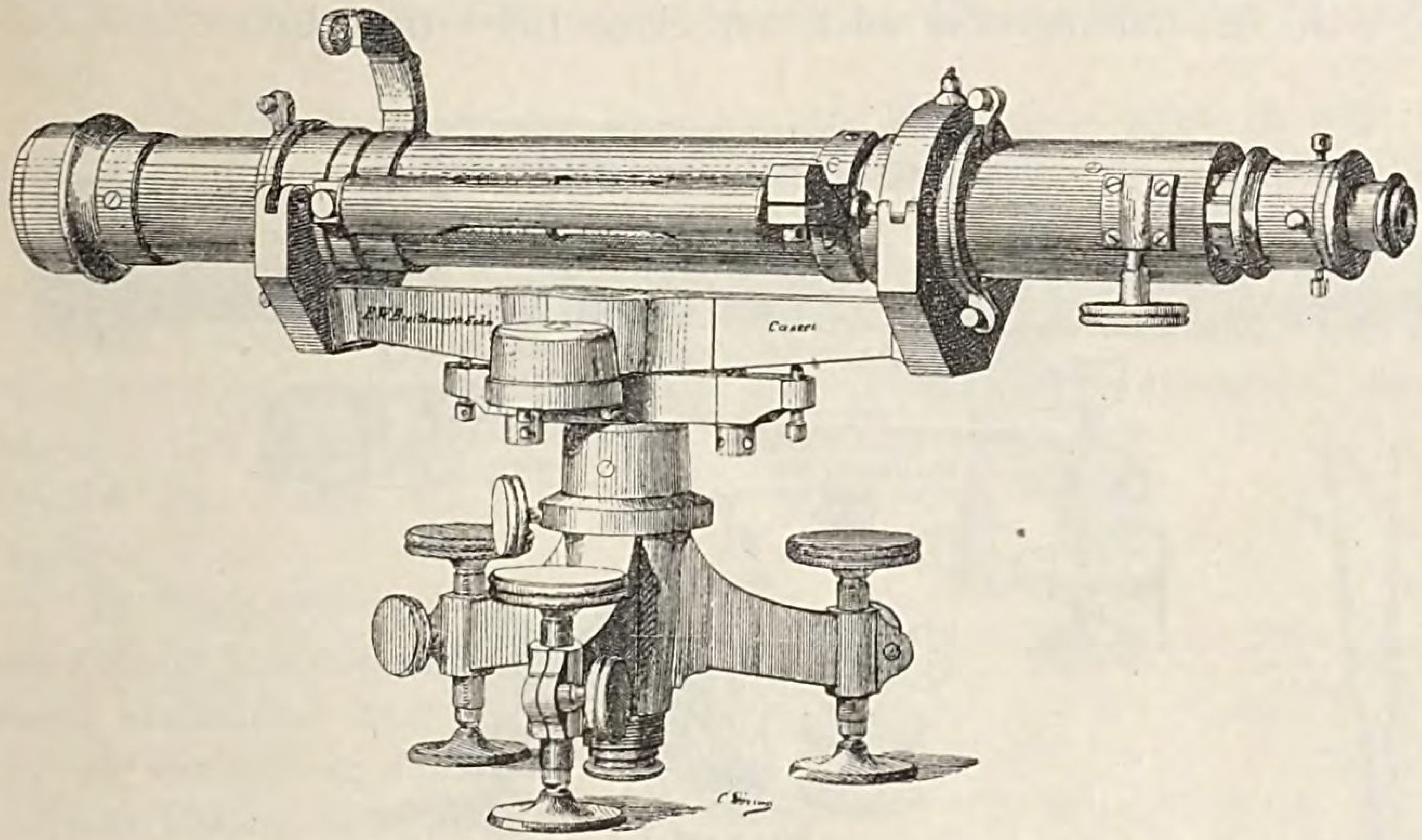


Fig. 202. Nivellierinstrument mit Reversionslibelle.

Fernrohres braucht bei diesem Instrumente nicht verstellbar zu sein. Das Fernrohr ist um eine Achse kippbar, die an dem einen Fernrohrträger sitzt (Querschnitt Fig. 203c). Fig. 204 zeigt eine perspektivische

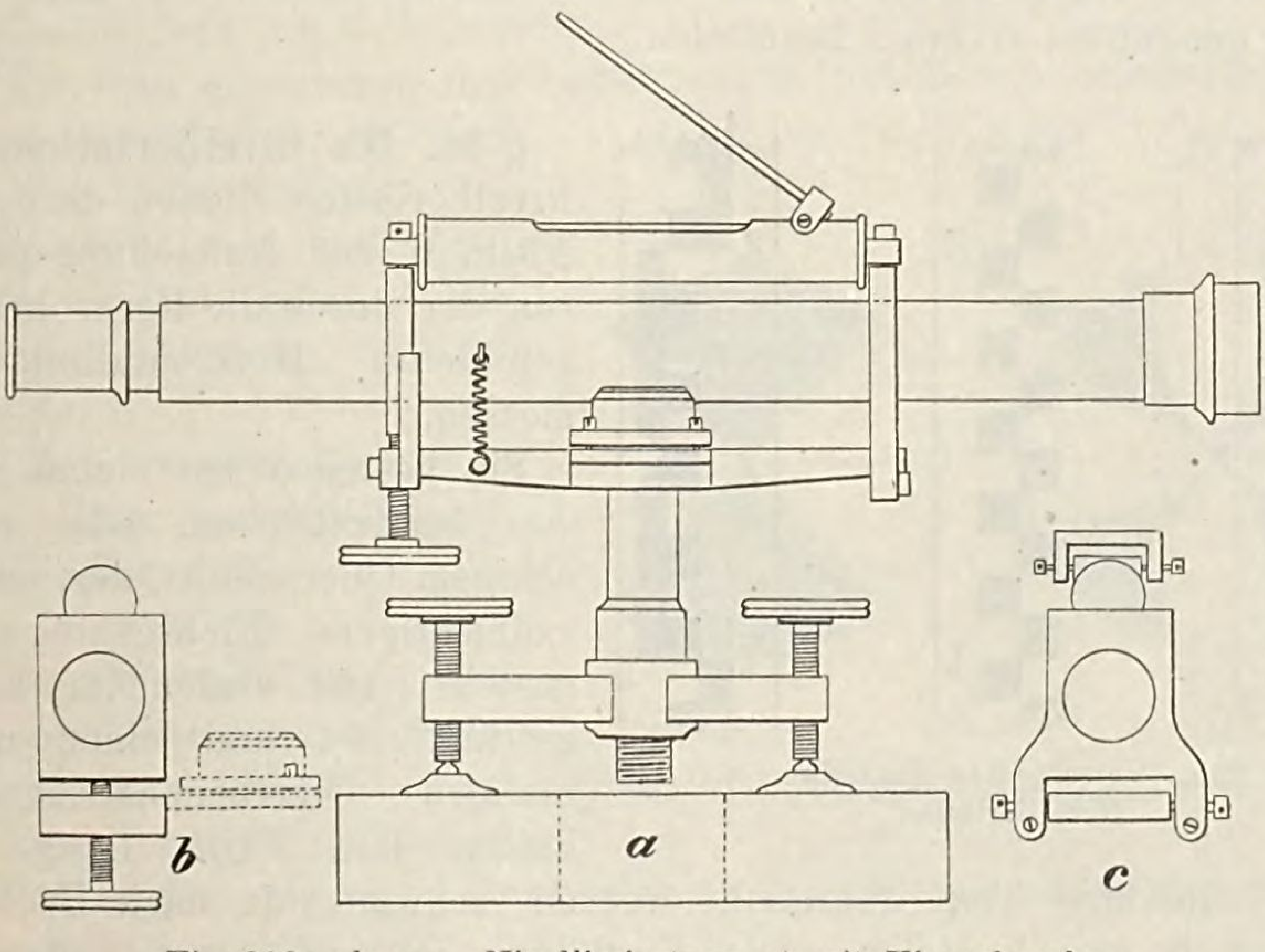


Fig. 203a, b u. c. Nivellierinstrument mit Kippschraube.

Ansicht eines solchen Instruments. Bei anderen Instrumenten liegt die Kippachse in der Mitte des Fernrohres rechtwinkelig zur Sehachse und das Kippen wird erst roh mit der Hand und dann mit einer Feinstellschraube ausgeführt. An der Kippachse sitzt häufig ein Höhenbogen, der eine Gradteilung oder auch nur einen Indexstrich hat.

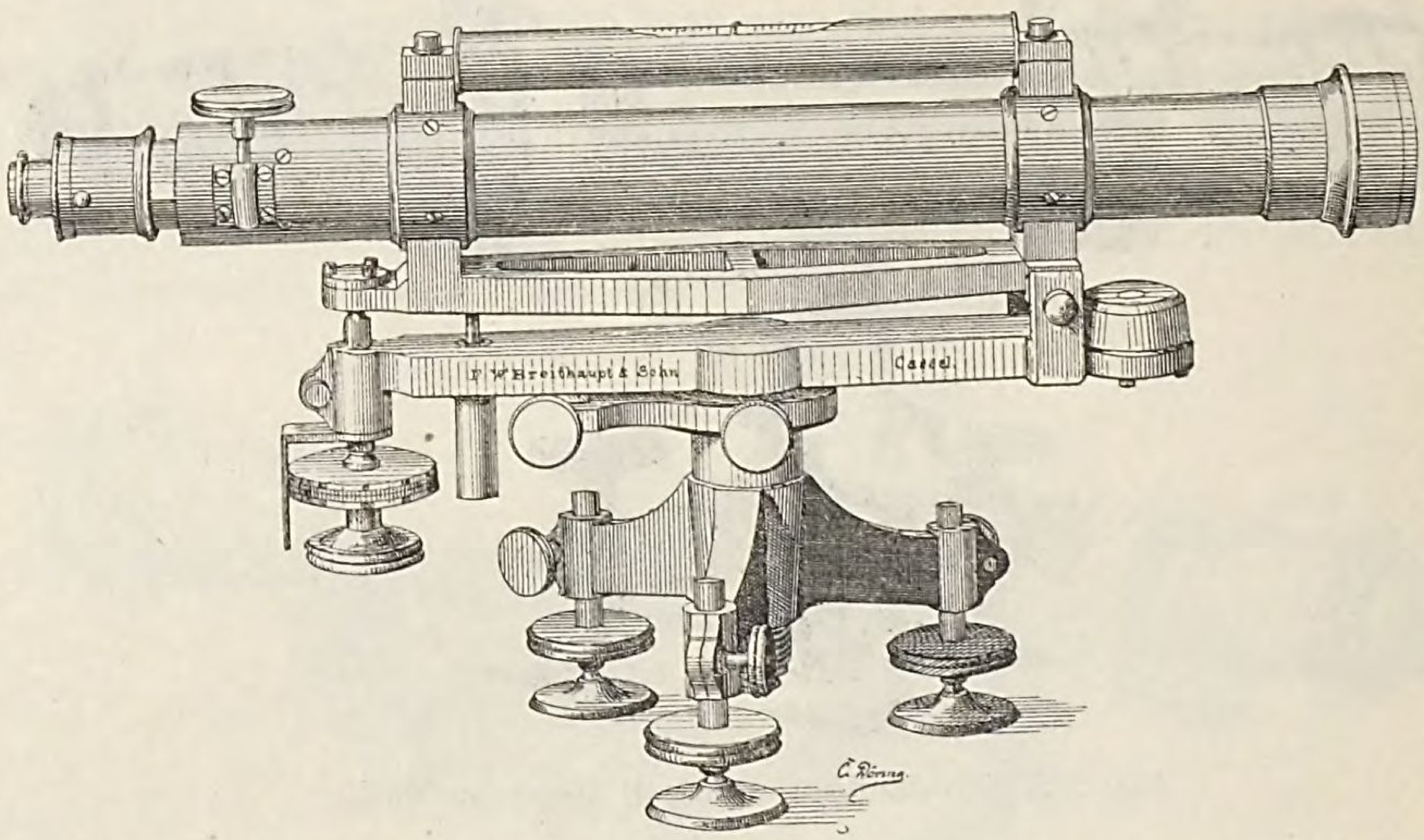


Fig. 204. Nivellierinstrument mit Kippschraube.

Der Theodolit, an dessen Fernrohr eine Röhrenlibelle befestigt ist, kann als Nivellierinstrument benutzt werden und er ist als solches der zuletzt genannten Gruppe zuzuteilen.

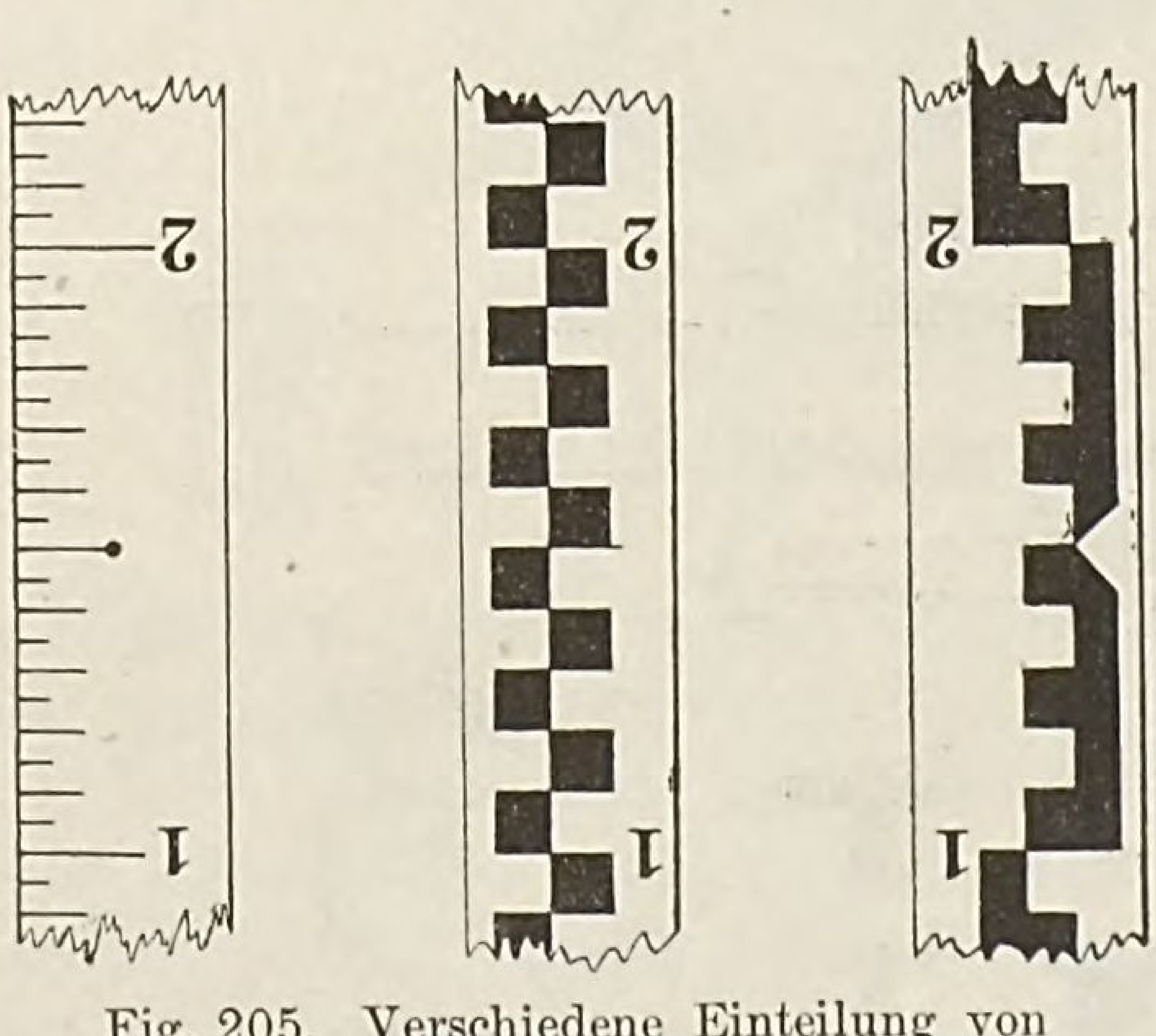


Fig. 205. Verschiedene Einteilung von Nivellierlatten.

§ 86. **Die Nivellierlatten.** Die Nivellierlatten dienen dazu, den Abstand der Aufstellungspunkte von der durch die Fernrohrachse gebildeten Horizontallinie zu messen.

Sie bestehen aus einem Stabe von quadratischem oder rechteckigem Querschnitt, der, aus geradfaserigem Fichtenholz hergestellt, mit siedendem Leinöl getränkt ist und einen mehrmaligen Ölfarbenanstrich erhalten hat. Die Länge der Latten, die über Tage gebraucht werden, schwankt je nach Bedürfnis zwischen 3 und 5 Meter. Die Einteilung ist auf mannigfaltige Art

ausgeführt. Einfache Striche, deren Länge die ganzen und halben Dezimeter sowie die Zentimeter unterscheidet, oder abwechselnd weiße und schwarze, bezw. rote Felder von einem Zentimeter Breite in verschiedenster Anordnung sind am häufigsten. Die Bezifferung geht meistens nach Dezimetern. Fig. 205 zeigt verschiedene Einteilungen der Nivellierlatten.

Es ist zweckmäßig, die Feinheit der Einteilung nicht zu weit zu treiben, weil das Ablesen dadurch erschwert und nichts an Genauigkeit gewonnen wird, da ein geübtes Auge bis zu Millimetern genau abschätzt.

Die Latte muß während des Ablesens senkrecht gehalten werden. Zu diesem Zwecke ist die Latte mit einer Dosenlibelle verbunden, deren Blase bei richtigem Stande der Latte einspielt.

In Fig. 206 sei h die Ablesung an der senkrecht stehenden und h' die an der um $\sphericalangle\, \delta$ geneigten Latte, dann ist $\frac{h}{h'} = \cos\delta$ und $h' = \frac{h}{\cos\delta}$.

Ist $\delta = 2$ Grad und $h = 4$ Meter, so ist $h' = 4{,}002$ Meter. Abweichungen von 2 Grad lassen sich durch Dosenlibellen von geringer Empfindlichkeit schon vermeiden.

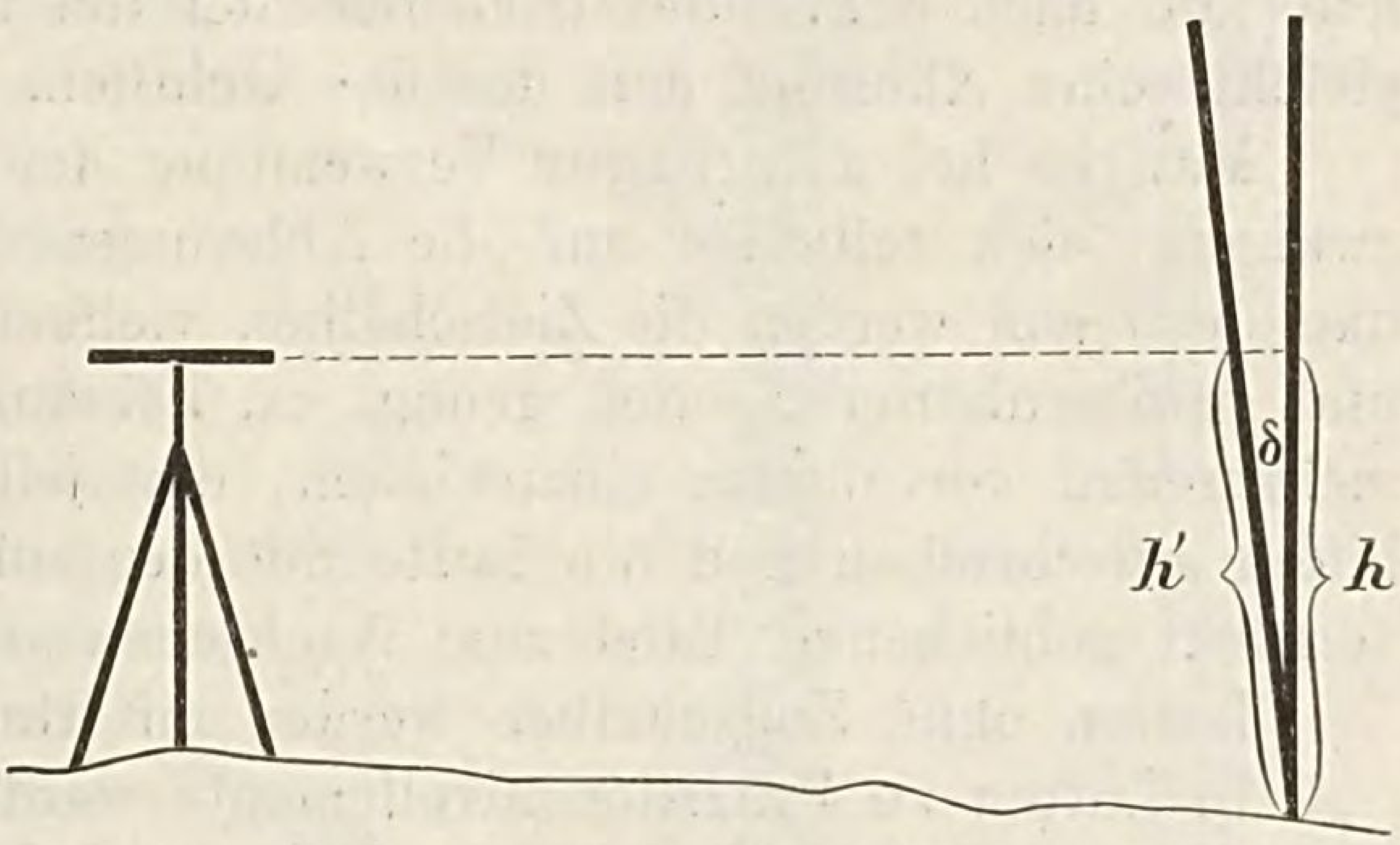
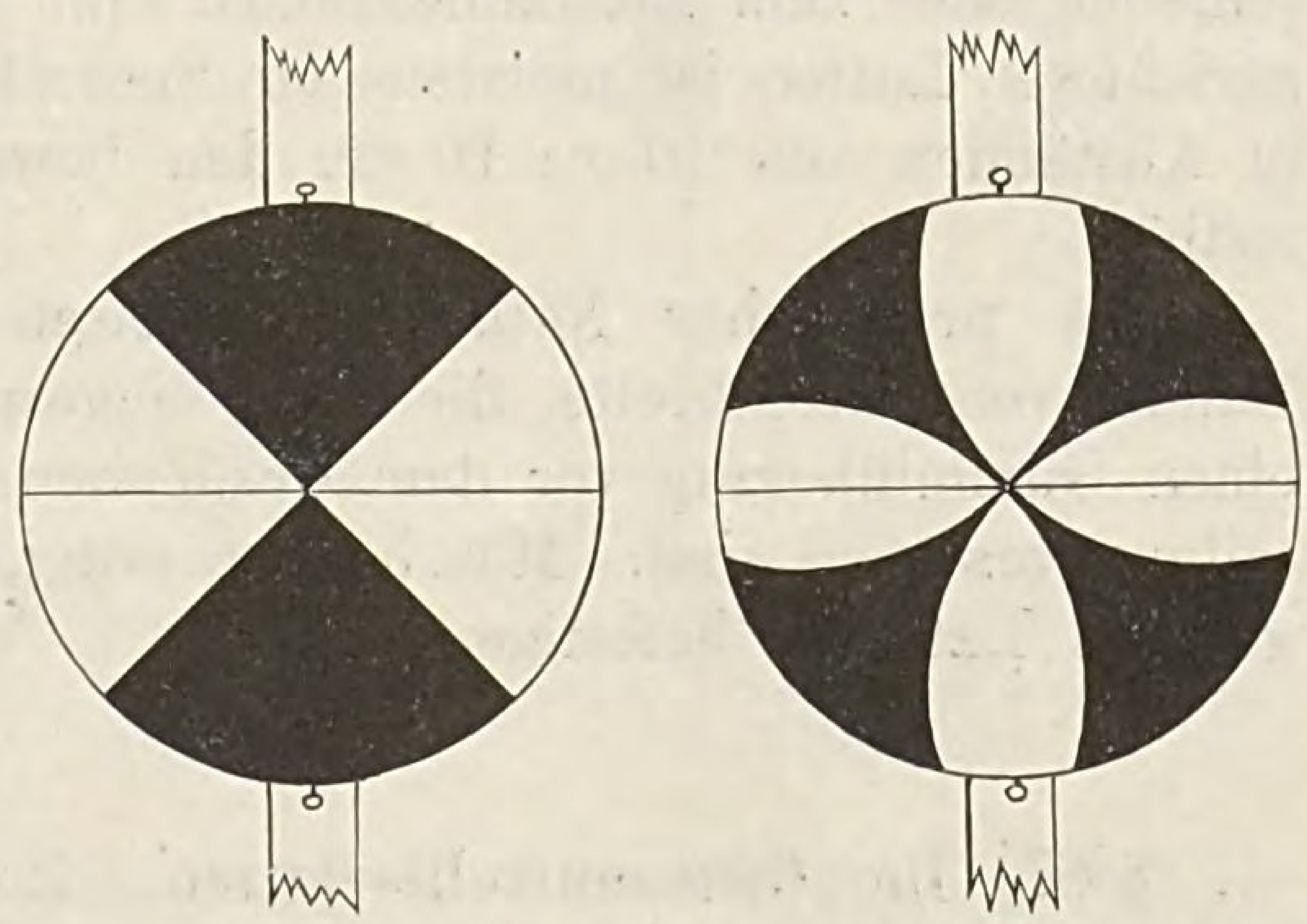


Fig. 206. Fehler aus der schiefen Stellung der Latte.

Ist man gezwungen mit Latten, ohne eine daran befestigte Dosenlibelle zu arbeiten, so wird man die Latte von dem Gehilfen etwas vor- und rückwärts neigen lassen. Die kleinste Ablesung ist die richtige.

Man versieht die Latten auch mit verschiebbaren Tafeln (Fig. 207a u. b), die vorn in schwarze und weiße Felder so geteilt sind, daß sich der Mittelpunkt mit dem Fadenkreuze scharf zur Deckung bringen läßt, und welche hinten mit einer horizontalen dem Mittelpunkt entsprechenden Indexlinie versehen sind.


Fig. 207 a u. b. Zielscheiben an den Nievellierlatten.

Solche Latten heißen Schieberlatten, und die ohne Zieltafel zum Selbstablesen Skalenlatten.

Die Zieltafel läßt sich mittels einer Schnur, die oben und unten über eingesenkte Rollen läuft, auf- und abschieben und kann durch eine Klemmschraube festgeklemmt werden. Durch das Schieben darf die mit der Teilung versehene Seite nicht beschädigt werden.

Die Zielscheiben werden bei solchen Entfernungen gebraucht, wo die Einteilung der Latte nicht mehr mit dem Fernrohr scharf abgelesen werden kann, z. B. beim Nivellieren aus den Endpunkten. Sie können aber auch auf kürzere Entfernungen auf folgende Weise zur Prüfung dienen. Der Markscheider liest zunächst an der Teilung ab und stellt dann die Zieltafel ein. Der lattenführende Gehilfe schreibt die Lattenhöhe auf nach dem Indexstrich der Zieltafel und der Markscheider vergleicht seine Ablesung mit der des Gehilfen.

Man ist bei alleiniger Verwendung der Zielscheibe allerdings gezwungen, sich teilweise auf die Ablesungen der Gehilfen zu verlassen und deswegen werden die Zielscheiben vielfach verworfen. Bei geübten und gewissenhaften Leuten genügt es, bei längeren Zielweiten die Tafel mehreremal von neuem einzuwinken, den jedesmaligen Stand vom Gehilfen aufschreiben und die Latte mit der zuletzt eingestellten und unverrückt gebliebenen Tafel zum Nachsehen sich bringen zu lassen.

Latten ohne Zielscheiben werden mit Handhaben versehen.

In Latten zu Präzisionsnivellements werden im Abstand von einem Meter Metallplättchen mit feiner Über- und Untereinteilung eingelassen, mit deren Hilfe auch die geringste Längenveränderung der Latte durch Anlegen eines Normalmeters gefunden und beim Berechnen des Nivellements berücksichtigt werden kann.

Zur Erleichterung des Mitführens fertigt man die Latten zum Verschieben oder zum Zusammensetzen ein. An den zum Verschieben eingerichteten Latten ist meistens ein Sperrstift mit Feder angebracht, der in Abständen von 10 zu 10 cm den beweglichen Lattenteil von selbst festhält.

Als praktischer Notbehelf erweisen sich auf Reisen eingeteilte Bänder von Lattenbreite, die durch eingesponnene Metallfäden und durch einen Gummiüberzug vor dem Ausdehnen geschützt und mit einer Einteilung versehen sind. Man hat nur nötig, das Band auf einer hölzernen geraden Latte zu befestigen.

§ 87. **Die Grubennivellierlatten.** Zum Nivellieren in der Grube können Latten von derselben Einrichtung, wie die über Tage gebräuchlichen, angewendet werden, nur müssen sie kürzer sein.

Fig. 208 zeigt eine Latte einfachster Konstruktion in der Seitenansicht.

Die Beleuchtung der angezielten Stelle geschieht mit dem gewöhnlichen Grubenlichte.

In Nr. 32 der B. u. Hüttenm. Z. 1863 und in Nr. 22 S. 295 der Österr. Zeitschr. 1881 sind Grubennivellierlatten, von denen die letztere, konstruiert von Prof. SCHMIDT, empfohlen werden kann.

Diese Latte (Fig. 209) besteht aus zwei Teilen von je 1,5 m Länge, die sich gegeneinander verschieben lassen und von denen die vordere breitere Holzlatte die Skala trägt, während die zweite als Fußgestell der Skalenlatte dient. Mit Hilfe zweier Spangen und Preßschrauben sowie eines federnden, in Löcher von je 10 cm Abstand eingreifenden Sperrstiftes läßt sich die Skala innerhalb eines Spielraumes von 1,2 m festklemmen.

Die Größe der Verschiebung erkennt man an einem Zeiger (fehlt in der Figur), der bei dem tiefsten Stande der Skala auf eine bestimmte Stelle z. B. 1,4 m zeigt. Eine besonderer Vorteil dieser Nivellierlatte ist die angebrachte Refraktorlampe, welche durch eine an die Latte geschraubte Eisenschiene geführt und durch eine Feder an dieselbe gedrückt wird.

Zum Aufsetzen der Latte bei rauher oder weicher Streckensohle ohne Schienengestänge wird eine gußeiserne Fußplatte mit halbkugelförmigem Stahlknopf beigegeben, der in eine entsprechend erweiterte Vertiefung des Lattenschuhes paßt.

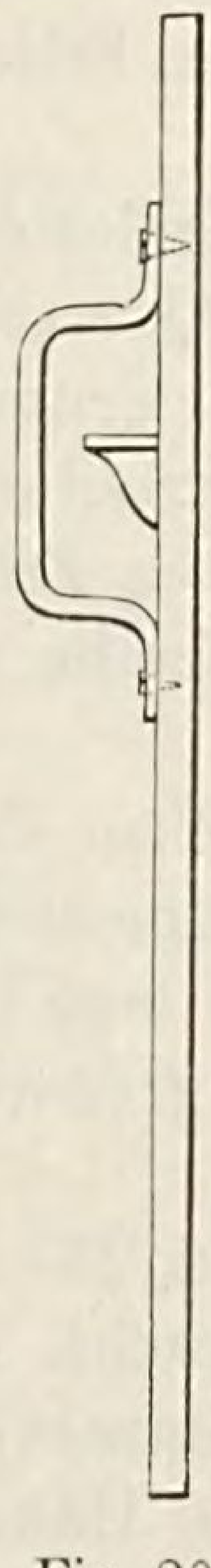


Fig. 208. Seitenansicht einer einfachen Grubennivellierlatte.

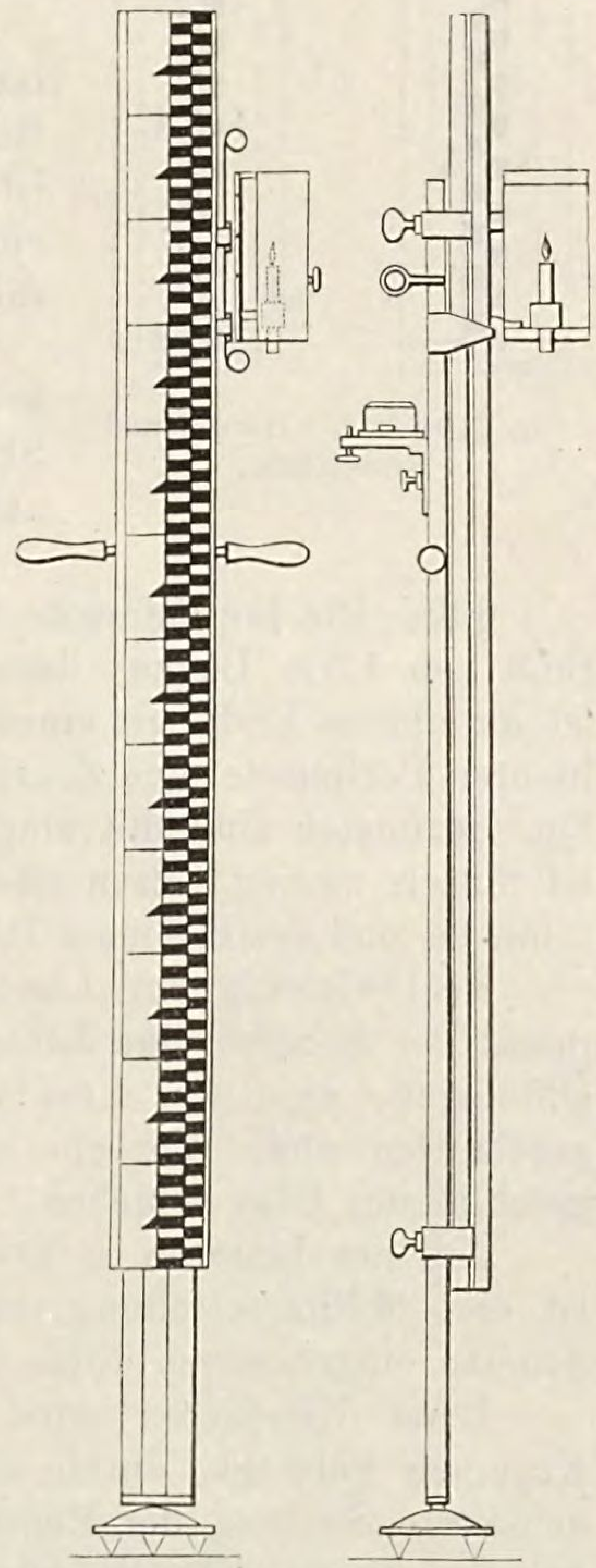


Fig. 209. Grubennivellierlatte von Prof. SCHMIDT.

Neben den bisher besprochenen Latten, welche auf die Höhenpunkte aufgesetzt werden und deshalb Aufsetzlatten genannt werden, wendet man in der Grube auch Hängelatten an.

Diese werden in gebogene Krampen eingehängt, die in der Firste, wie die Winkelpunkte der Theodolitzüge, befestigt werden. Häufig benutzt man die Theodolit-Krampen, wenn der Mittelsteg etwas gebogen ist, zugleich zum Nivellieren (Fig. 118b § 53).

Die Hängelatten sind meist so eingerichtet, daß sie nach Bedarf sowohl zum Aufsetzen als auch zum Anhängen gebraucht werden können.

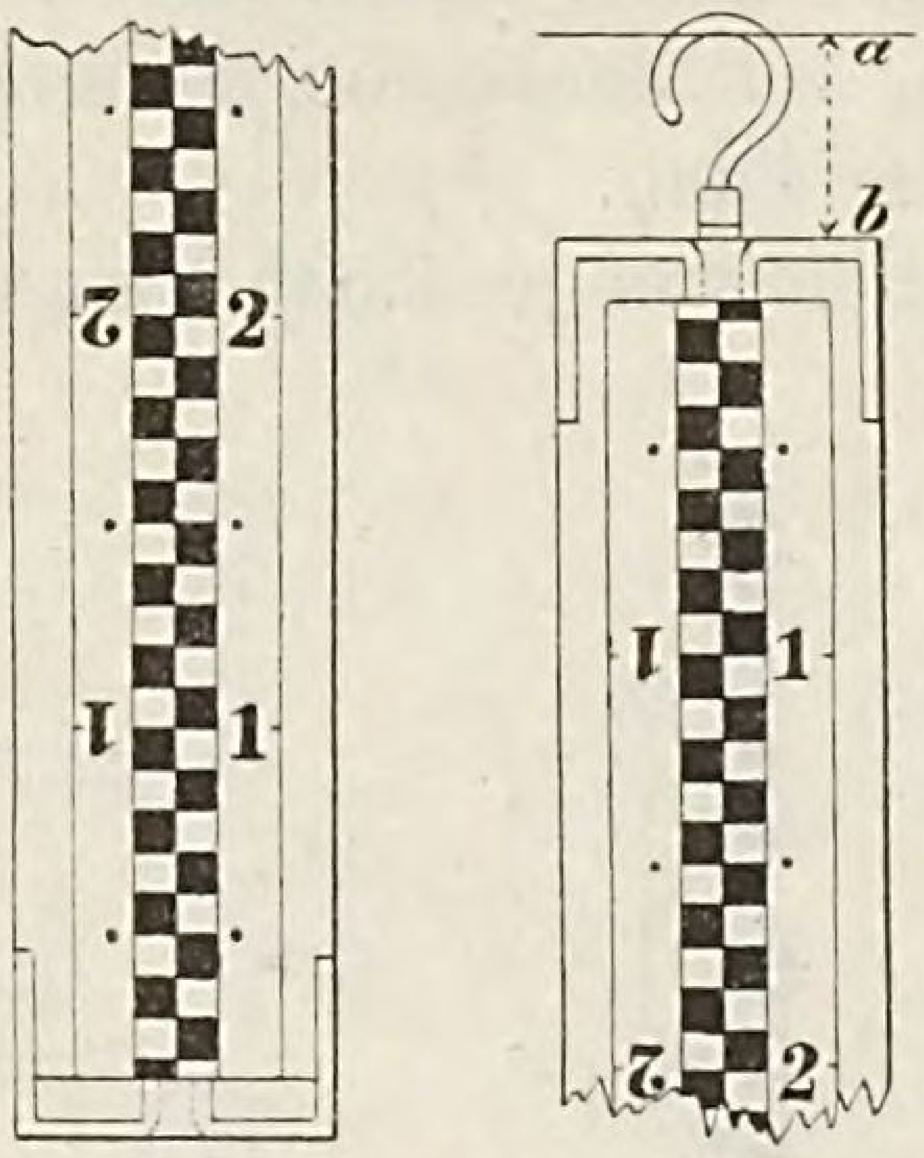


Fig. 210 a u. b. Hänge- und Aufsetzlatte.

Fig. 210a zeigt eine solche Aufsetzlatte, die durch einen eingeschraubten Haken und doppelte Bezifferung (Fig. 210b) zur Hängelatte umgewandelt ist.

Der Abstand des Hakens bis zum Anfang der Teilung ist bei der Berechnung der Höhenzahlen zu berücksichtigen. Die Teilung ist entweder auf das Holz der Latte oder auf eine Glasplatte gemalt, die von einem Holzrahmen umfaßt wird.

Einer besonderen Beleuchtung des Fadenkreuzes bedarf es bei der Benutzung der Skalenlatten nicht, da das Fadenkreuz sich auf der belichteten Latte scharf abhebt.

§ 88. **Die Borchers'sche Hängelatte** (Fig. 211 a u. b). Ein stählerner Stab von 1,5 m Länge, dessen Querschnitt aus der Figur hervorgeht, ist am oberen Ende mit einem abgerundeten Haken versehen, von dessen innerer Peripherie eine Zentimeterteilung bis an das untere Ende geht. Die Dezimeter sind mit eingeäzten Ziffern versehen. Auf diesen Stab ist mittels zweier Hülsen eine Scheibe aufgesteckt, die sich auf- und abschieben und festklemmen läßt.

Rechtwinkelig zur Längenachse des Stabes ist durch den Mittelpunkt der Scheibe eine Linie eingerissen, auf der genau zentrisch drei Öffnungen, zwei von 1 cm und eine von 1,75 mm Durchmesser, eingeschnitten sind. Vor eine der größeren Öffnungen läßt sich ein mattgeschliffenes Glas schieben.

Auf der hinteren in der Fig. 211a dargestellten Seite der Scheibe ist eine Millimeterteilung angebracht, deren Nullpunkt mit der auf der Scheibe eingerissenen Linie zusammenfällt.

Beim Nivellieren wird die Hängelatte in die schon erwähnten Krampen gehängt, durch die frei hingehaltene Grubenlampe die angenäherte Stellung der Zielscheibe ermittelt und dann der Ansatz der Scheibe durch die Preßschraube A an den Stab festgeklemmt. Bei kurzen Zielweiten wird die Flamme des Grubenlichtes hinter das kleine Loch der rechtwinkelig zur Ziellinie gedrehten Scheibe gehalten und durch die Stellschrauben SS den Zurufen des anzielenden Markscheiders entsprechend eine Verschiebung und schließlich eine scharfe Einstellung der Scheibe erreicht. Jetzt erst wird die Preßschraube B angezogen, so daß die Latte ohne eine nachträgliche Verschiebung der Zieltafel bebesorgen zu müssen, zum Markscheider getragen werden kann. Für

große Entfernungen ist je nach Beschaffenheit der Grubenwetter entweder das größere Loch mit der Glasplatte oder das ohne diese Bedeckung zu benutzen.

Bei langen Zielweiten, wo dem die Hängelatte bedienenden Gehilfen nicht mehr zugerufen werden kann, müssen die Zeichen für

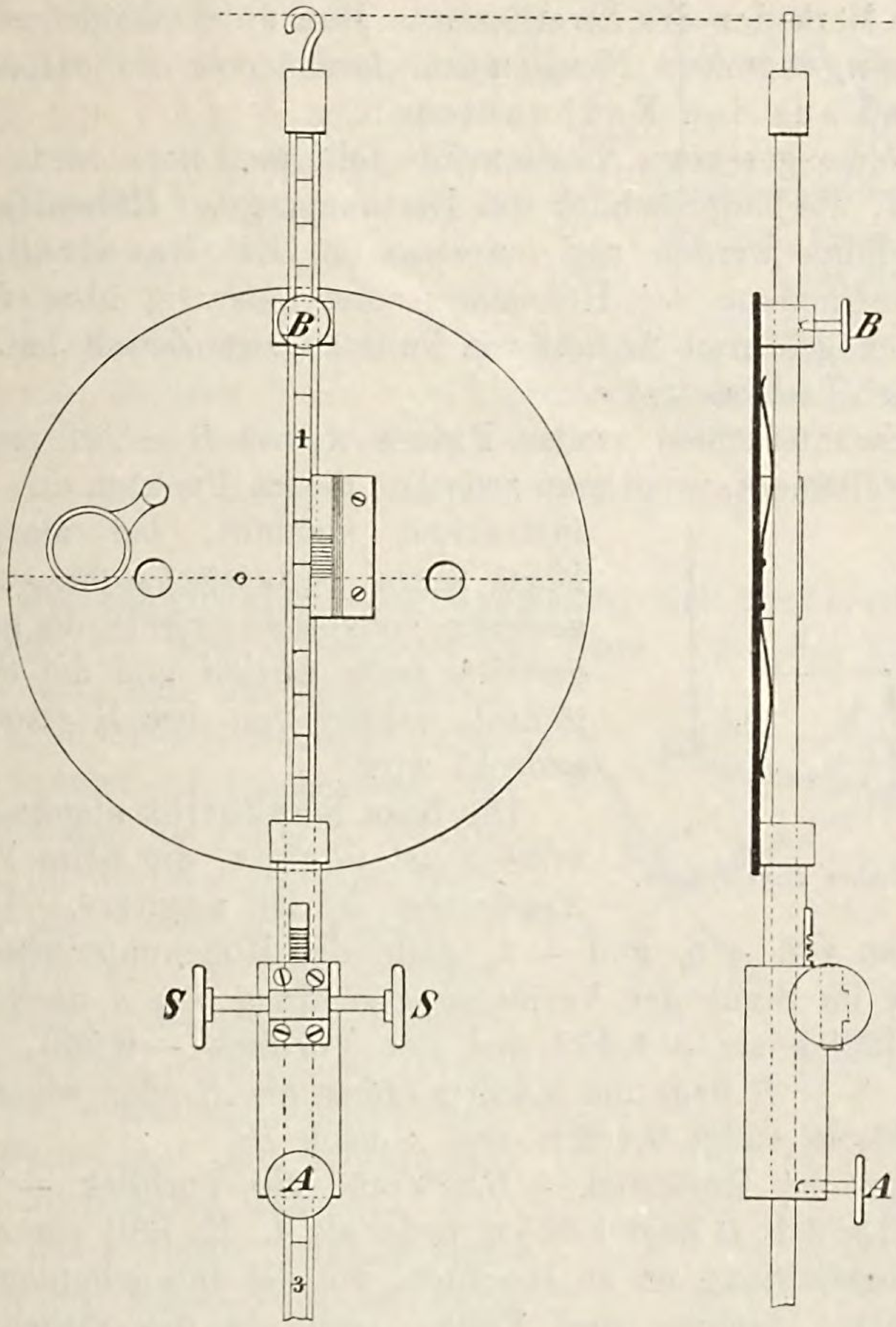


Fig. 211a u. b. Die Borcherssche Hängelatte.

„Auf" und „Nieder" durch starkes, langsames Klopfen auf dem Schienengestänge oder durch Aufstellung von Zwischenposten gegeben werden.

Bei Anwendung dieser Hängelatte ist eine Beleuchtung des Fadenkreuzes erforderlich.

Die Hängelatten haben allgemein den Vorzug, daß sie ohne weiteres senkrecht hängen und die von Borchers konstruierte im besonderen

den, daß sie dem Einflusse des Wassers und des Grubenschmutzes, unter dem hölzerne Nivellierlatten leiden, nicht unterworfen ist und neben dem höchst genauen Einstellen und Ablesen der Höhen ein rasches Arbeiten gestattet.

§ 89. **Die Methoden des Nivellierens.** Man unterscheidet einfaches und zusammengesetztes Nivellement, ferner das Nivellieren aus der Mitte und aus den Endpunkten.

Die zusammengesetzten Nivellements teilt man noch ein in Liniennivellements, die hauptsächlich zur Bestimmung der Höhenlage zweier Punkte ausgeführt werden und zweitens in Flächennivellements; welche die Bestimmung der Höhenlage einer netzartig über die Oberfläche verteilten größeren Anzahl von Punkten zum Zweck hat. (Vergl. das Kapitel der Tachymetrie.)

Den Höhenunterschied zweier Punkte A und B erhält man durch einfaches Nivellement, wenn man zwischen diesen Punkten das Libelleninstrument aufstellt, bei einspielender Blase zuerst rückwärts die auf A aufgestellte, sodann vorwärts die auf B aufgestellte Latte anzielt und den Skalenteil abliest, welcher von dem Horizontalfaden gedeckt wird.

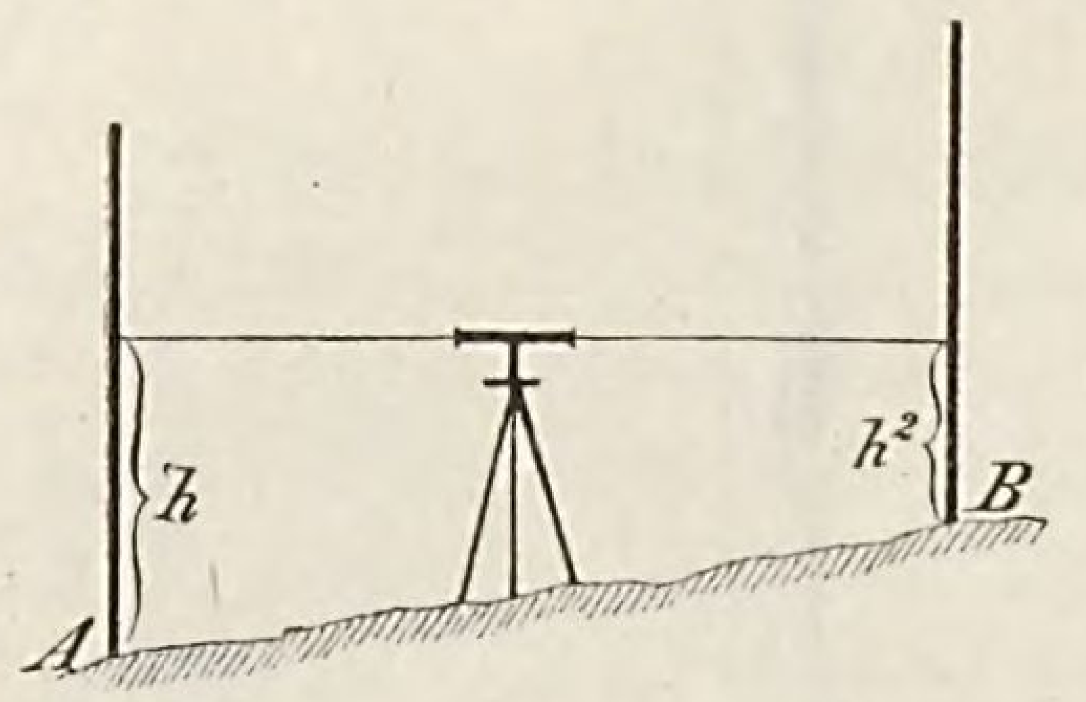


Fig. 212. Einfaches Nivellement.

Die beim Rückblick abgelesene Zielhöhe h' ist positiv, die beim Vorblick abgelesene h_2 ist negativ. Die algebraische Summe von $+h_1$ und $-h_2$ giebt den Höhenunterschied D der beiden Punkte im Sinne der Vermessungsrichtung von A nach B.

Der Rückblick sei + 1,452 und der Vorblick − 0,963, dann ist $D = +0{,}489$, d. h. B liegt um 0,489 m höher als A, oder wie man sich auch ausdrückt, es steigt 0,489 m von A nach B.

Ist dagegen der Rückblick + 0,889 und der Vorblick − 1,904, so ist $D = -1{,}015$, d. h. B liegt 1,015 m tiefer als A. Es fällt von A nach B. Die Vermessungsrichtung ist zu beachten, um die Bezeichnungen Rückwärts, Vorwärts, Steigen und Fallen nicht in das Gegenteil umzukehren.

Zur Erreichung der größten Genauigkeit wählt man den Aufstellungspunkt für das Nivellierinstrument so, daß er gleich weit von den beiden Lattenpunkten A und B entfernt ist, wobei das Abschreiten der Entfernungen genügt. Das distanzmessende Fadenkreuz leistet zur Prüfung gute Dienste.

Man nennt dies das Nivellieren aus der Mitte.

Dieses Verfahren gewährt den großen Vorteil, daß auch mit einem fehlerhaften Instrumente richtige Ergebnisse erzielt werden.

Das fehlerhafte Nivellierinstrument sei in m so aufgestellt, daß $ma = mb$ ist (Fig. 213). Die Fehlerhaftigkeit eines solchen Instrumentes zeigt sich immer darin, daß die Libellen- und Sehachse nicht parallel sind, sondern einen Winkel (in der Figur α) miteinander machen.

Beim Rückblick wird das Fadenkreuz bei einspielender Libelle nicht den in der Horizontalen liegenden Punkt a sondern d treffen, ebenso beim Vorblick nach der Latte auf B nicht den Punkt b, sondern c.

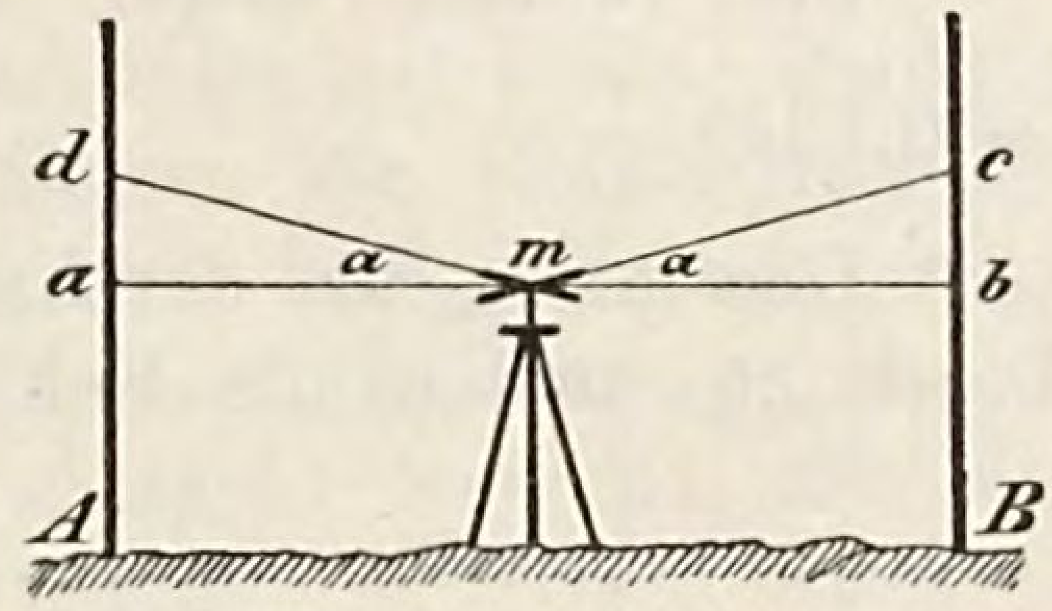


Fig. 213. Das Nivellieren aus der Mitte.

Da in beiden Stellungen des Fernrohres dieselben Ursachen wirken, so müssen die Winkel α gleich sein, und da $ma = mb$, so ist $ad = bc = e$.

Die Lattenablesungen sind in Rück- und Vorblick um ein gleiches Stück zu groß, da aber beide verschiedene Vorzeichen haben, so heben sie sich bei der Addition gegenseitig auf.

$$D = (h_1 + e) - (h_2 + e) = h_1 - h_2.$$

§ 90. Die Einwirkungen der Krümmung der Erdoberfläche. Diese sind abhängig von dem Halbmesser der Erde r und der Zielweite l.

Denkt man sich aus dem Mittelpunkt der Erde einen Kreisbogen durch die Fernrohrachse A beschrieben, so trifft dieser Bogen die Latte im Punkte B, während die durch A gezogene Horizontallinie die Latte im Punkte C schneidet (Fig. 214 ist zum besseren Verständnis in unnatürlichen Verhältnissen gezeichnet). AB ist der wirkliche, AC der scheinbare Horizont und BC die Depression des wirklichen unter dem scheinbaren Horizont.

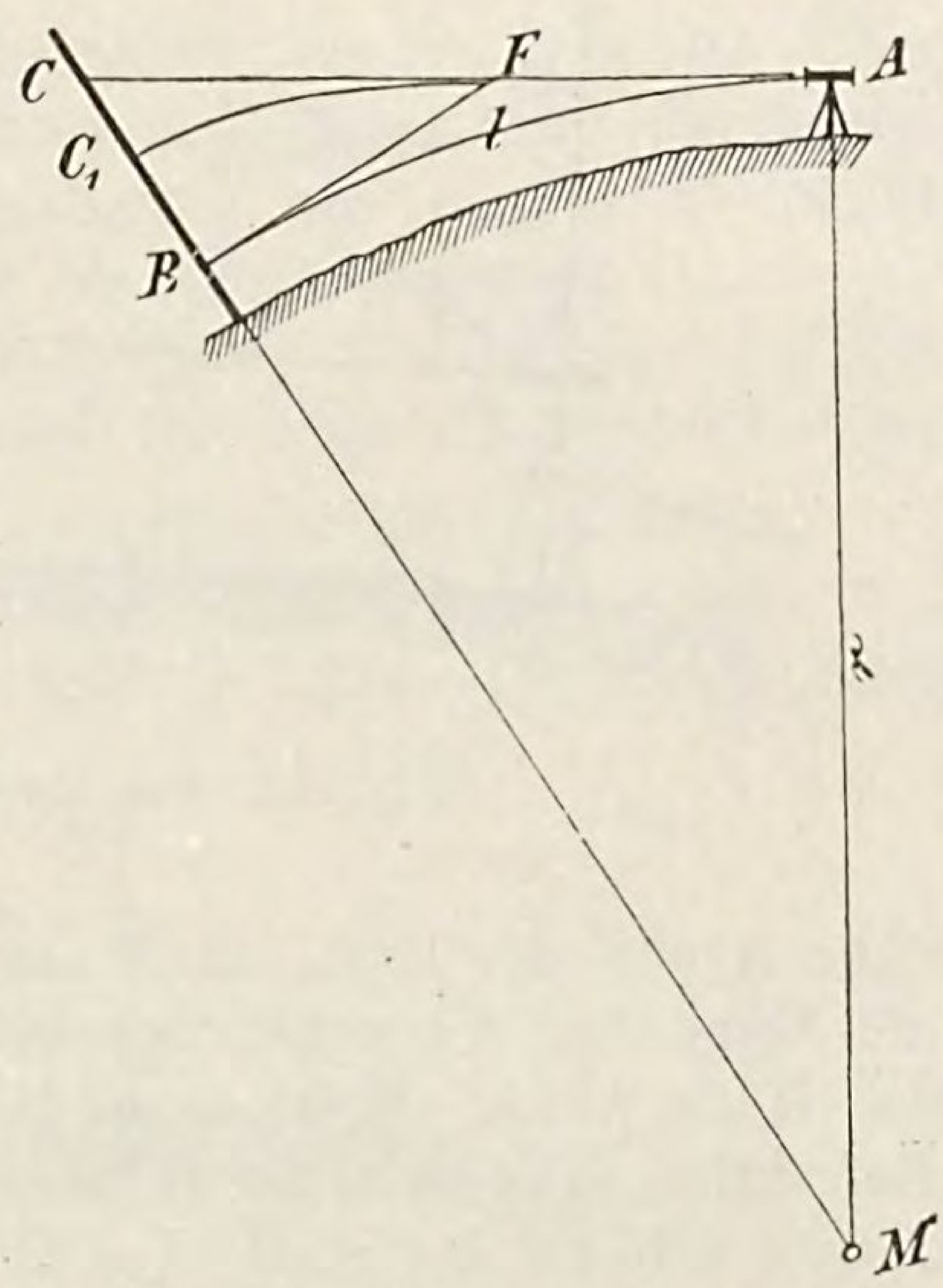


Fig. 214. Einwirkung von Erdkrümmung und Refraktion.

Durch das Fernrohr wünscht man den Punkt zu sehen, der in dem wirklichen Horizont liegt, aber man sieht den des scheinbaren Horizontes, folglich ist die Depression des Horizontes gleich dem Fehler, den die Krümmung der Erdoberfläche veranlaßt.

Macht man $BF \perp$ zu $C'M$, so kann man $BF = AF = \frac{1}{2}l$ und $AC = AB = l$ annehmen. Dreieck BCF ist ähnlich ACM und daraus folgt $BC : BF = AC : AM$, also $BC = \frac{BF.AC}{AM} = \frac{\frac{1}{2}l.l}{r} = \frac{l^2}{2r}$.

Der Fehler BC wird durch die Brechung, den der Lichtstrahl beim Durchgange durch die Luft erleidet, noch verringert, da der Strahl eine nach oben gekrümmte Linie beschreibt und im Fernrohr nicht der Punkt C, sondern C' erscheint.

Bei ruhiger klarer Luft ist $CC' = 0{,}1348\ BC$ oder allgemein $= 0{,}1348 \frac{l^2}{2r}$.

Der ganze aus der Krümmung der Erdoberfläche und der Strahlenbrechung entstehende Fehler ist also

$$\frac{l^2}{2r} - 0{,}1348 \frac{l^2}{2r} = \frac{0{,}4326\ l^2}{r}.$$

Bei einer Zielweite von 200 Meter giebt die Formel einen Fehler von 2,7 mm, bei 150 Meter einen solchen von 1,5 mm, und bei 100 Meter ist der Fehler nur 0,68 mm, also verschwindend klein.

§ 91. **Das Nivellieren aus den Endpunkten.** Das Verfahren ist folgendes: Sind A und B (Fig. 215) die beiden Punkte, deren Höhenunterschied ermittelt werden soll, so stellt man das Nivellierinstrument

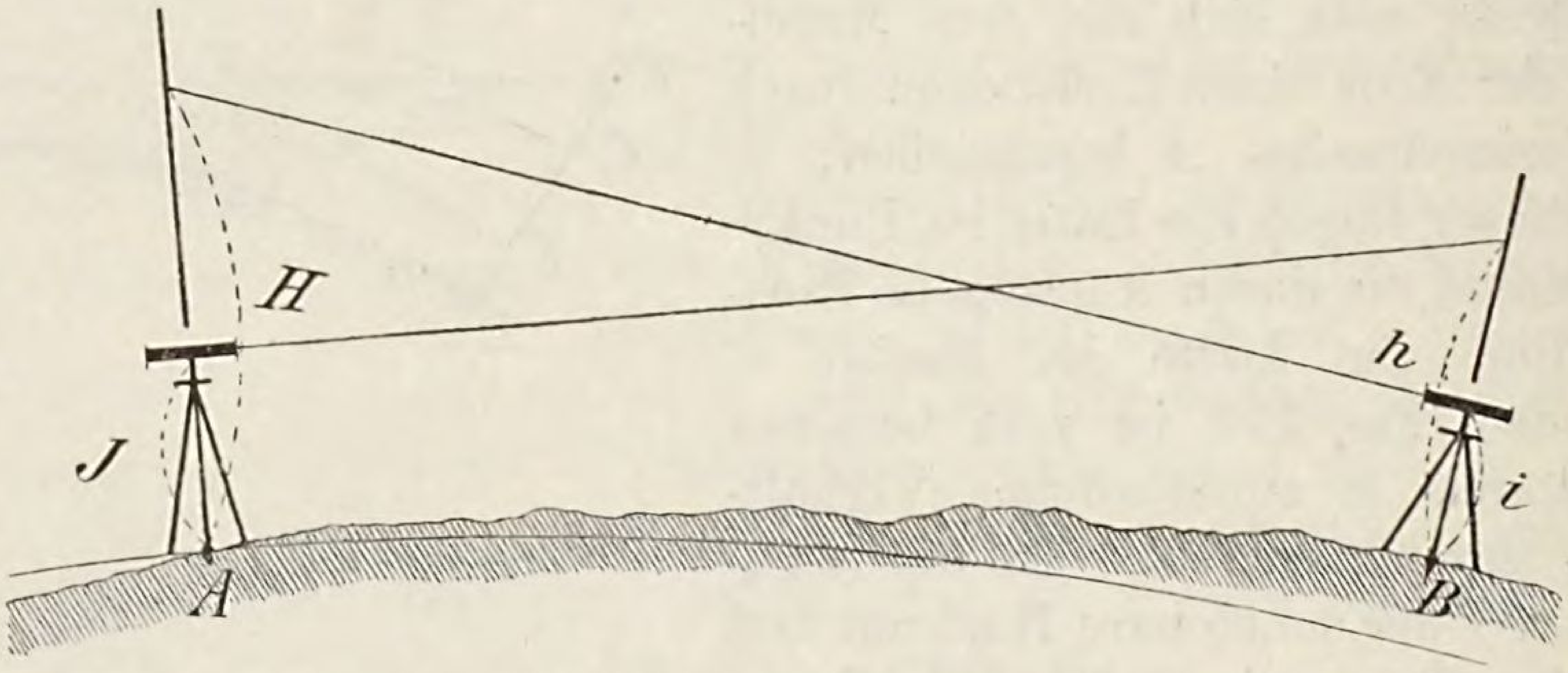


Fig. 215. Das Nivellieren aus den Endpunkten.

über A und die Latte in B auf, mißt die Instrumentenhöhe, d. h. die Höhe der Fernrohrachse über $A = J$ und liest an der Latte auf B die Höhe h ab. Setzt man die Verbesserung für Erdkrümmung und Refraktion $= C$, so ist der Höhenunterschied $U = J - (h - C) = J - h + C$. J tritt hier an die Stelle des Rückblicks.

Man begnügt sich aber nur im Notfalle mit der Aufstellung des Instrumentes in einem Punkte (Nivellement aus einem Endpunkte), sondern man stellt es auch in B auf und mißt hier die Instrumentenhöhe i sowie die Lattenhöhe in $A = H$ (Nivellement aus beiden Endpunkten). Der Höhenunterschied aus diesen Werten ist der Vermessungsrichtung von A nach B entsprechend:

$$U = (H - C) - i, \text{ das ist } U = H - i - C.$$
$$\text{Aus der ersten Aufstellung war } U = J - h + C$$
$$\text{giebt addiert } 2\,U = H - i + J - h.$$
$$\text{Daraus } U = \tfrac{1}{2}(H - i + J - h).$$

Vorstehende Formel zeigt, daß durch Aufstellen auf beiden Punkten und durch das Mittelnehmen aus beiden Werten die Einwirkung der Erdkrümmung und der Refraktion ohne weiteres ausgeschieden wird. Hierbei wird vorausgesetzt, dass die Anzielungen von A und B aus bei gleichartigem Zustande der Luft gemacht werden, also der Koeffizient 0,1348 derselbe geblieben ist.

Die Aufstellungspunkte A und B hat man so zu wählen, daß beide nahezu in gleicher Höhe liegen. Die Größe der Entfernung zwischen A und B hängt von der Leistungsfähigkeit des Fernrohres ab.

Behufs Messung der Instrumentenhöhe stellt man das Nivellierinstrument so neben dem Punkte auf, daß das Okularende sich senkrecht darüber drehen läßt.

Die Nivellierlatte muß bei dieser Arbeit mit einer Zielscheibe versehen sein, die man nicht bloß einmal einwinkt, sondern nach einer jedesmaligen kleinen Verschiebung so oft, bis erneute Beobachtungen den Mittelwert nicht mehr ändern.

Das Nivellieren aus beiden Endpunkten wendet man zur Überschreitung von tiefen Thaleinschnitten, von Flüssen und dergleichen Hindernissen mit Vorteil an, das Nivellieren aus einem Endpunkte giebt ein Hauptmittel zur Prüfung der Nivellierinstrumente.

Beispiel: $l = 768$ m, $J = 1{,}214$, $h = 1{,}222$, $H = 1{,}346$, $i = 1{,}270$.

Die Konstante C berechnet sich nach der obigen Formel zu 0,040.

Aus $U = J - h + C$ folgt $U = 1{,}214 - 1{,}222 + 0{,}040 = + 0{,}032$.

„ $U = H - i + C$ „ $U = 1{,}346 - 1{,}270 - 0{,}040 = + 0{,}036$.

„ $U = \frac{1}{2}(H - i + J - h)$ „ $U = 1{,}346 - 1{,}270 + 1{,}214 - 1{,}222 = + 0{,}034$.

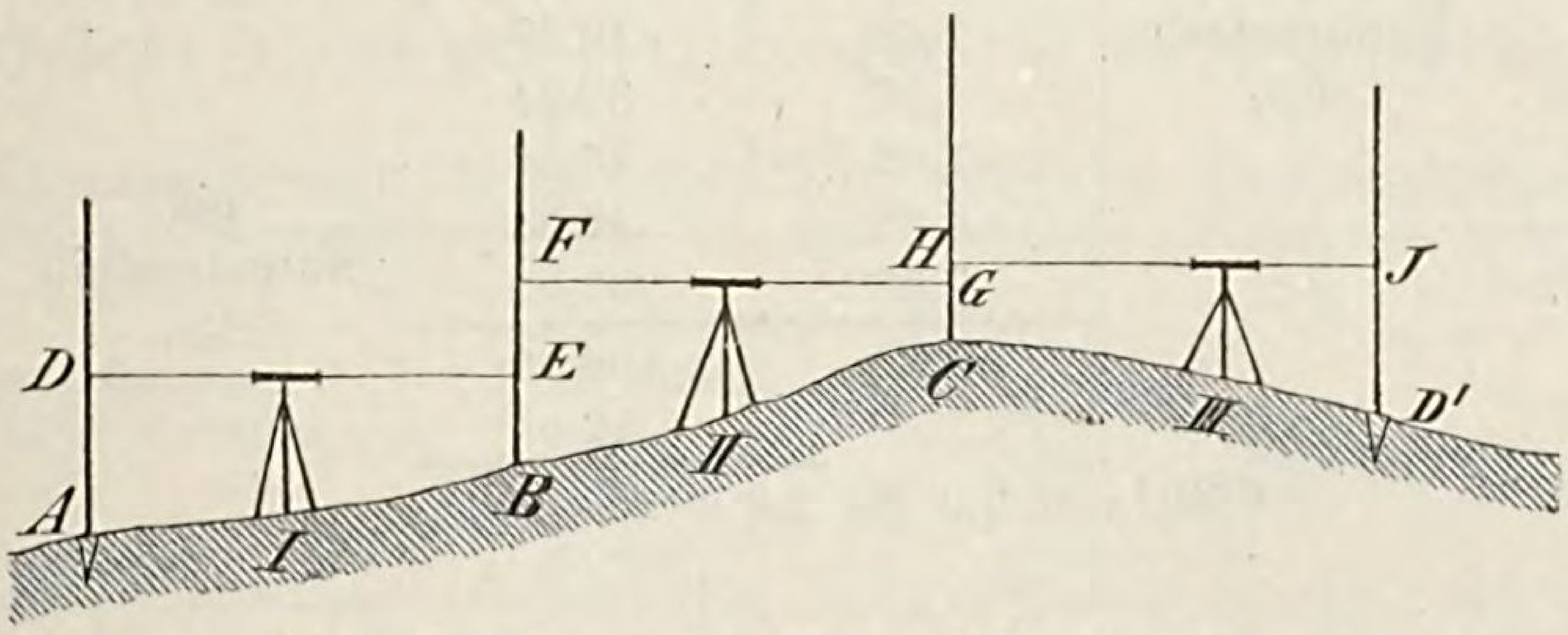


Fig. 216. Zusammengesetztes Nivellement.

§ 92. **Zusammengesetzte Nivellements.** Ist die Entfernung von A und D' (Fig. 216), deren Höhenunterschied ermittelt werden soll, so groß, daß man mit einem einfachen Nivellement nicht auskommt, so

reiht man mehrere einfache aneinander, wie die Fig. 216 andeutet, und erhält ein zusammengesetztes Nivellement.

Nachdem aus der Aufstellung I mit dem Rückblick $AD = 13{,}43$ und mit dem Vorblick $BE = 7{,}84$ abgelesen war, bleibt die Latte zunächst in B stehen und wird die Teilung dem nunmehr in II aufgestellten Instrumente zugedreht. Erst wenn rückwärts abgelesen ist, wird die Latte nach C gebracht u. s. w.

Durch die Aufstellungen in den Punkten I, II, III erhält man z. B. für Rückblick und Vorblick folgende Werte:

	Rückblick. Dezimeter.	Vorblick. Dezimeter.		
I.	$AD = 13{,}43$	$BE = 7{,}84$	steigt von A nach B	$+ 5{,}59$
II.	$BF = 15{,}73$	$CG = 4{,}82$	steigt von B nach C	$+ 10{,}91$
III.	$HC = 5{,}68$	$D_1J = 12{,}79$	fällt von C nach D_1	$- 7{,}11$
	$+ 34{,}84$	$- 25{,}45$		$+ 16{,}50 - 7{,}11$
	$- 25{,}45$			$+ 9{,}39.$
	$+ 9{,}39.$			

Aus der algebraischen Summe der Ergebnisse der einfachen Nivellements auf I, II u. III folgt, das D_1 0,939 Meter höher liegt als A. Dasselbe ergiebt sich, wenn man die sämtlichen Lattenhöhen der Rückblicke und Vorblicke summiert, und die beiden Summen algebraisch addiert. Das zusammengesetzte Nivellement wird dadurch gewissermaßen in ein einfaches verwandelt.

Nachstehendes einfache Formular genügt für den Markscheider zum Eintragen der Lattenablesungen.

Zeichen	Rückblick oder Steigen	Vorblick oder Fallen	Zeichen und Bemerkungen
	Dezimeter		
Nummerstein	1,62	40,49	
2,3.	0,57	32,94	
	1,02	43,06	
	1,66	42,58	bis
	7,66	37,02	Nummerstein
	12,53	196,09	2,8.
		12,53	
Fällt von 2,3 bis 2,8 =		183,56	

Bei Liniennivellements ist es häufig erwünscht, außer dem fortlaufenden Nivellement die Höhenlage daneben liegender Punkte zu bestimmen. Dies erreicht man dadurch, daß man zwischen dem Rückblick und dem Vorblick des Hauptnivellements die Latte auf diesen Nebenpunkten aufstellen läßt und anzielt.

Man erhält zu einem Rückblicke eine größere Anzahl Vorblicke, deren Zahlen man entweder in eine besondere Spalte oder in die Spalte „Vorblick" einträgt und sie dann auf irgend eine Weise, z. B. durch Einklammern, kennzeichnet. Man kann aber auch die Nebenpunkte mit in das Hautnivellement einreihen und jeden einzelnen Vorblick nach einem Nebenpunkte wieder als Rückblick für die nächste Lattenaufstellung auffassen und dementsprechend die Eintragungen in das Formular machen.

Für beide Verfahrungsweisen dienen die nachstehenden Beispiele:

Zeichen	Rückblick	Vorblick	Zeichen
2,3	1,62	(25,70)	2,4 Num-
		40,49	merstein
	0,57	(23,64)	2,5 „
		(19,64)	Brücke +
		32,94	
	1,02	(30,00)	2,6 „
		43,06	
	1,66	(31,95)	2,7 „
		42,58	
	7,66	37,02	2,8 „
	12,53	196,09	
		12,53	
	Fällt = 183,56		

Zeichen	Rückblick	Vorblick	Zeichen
2,3	1,62	25,70	2,4 Num-
	25,70	40,49	merstein
	0,57	23,64	2,5 „
	23,64	19,64	Brücke +
	19,64	32,94	
	1,02	30,00	2,6 „
	30,00	43,06	
	1,66	31,95	2,7 „
	31,95	42,58	
	7,66	37,02	2,8 „
	143,46	327,02	
		143,46	
	Fällt = 183,56		

§ 93. **Die Berechnung der Nivellements.** In den selteneren Fällen bezweckt man nur den Höhenunterschied zweier Punkte zu bestimmen, meistens sollen die Höhenzahlen aller Lattenaufstellungspunkte berechnet werden. Zu diesem Zwecke muß man zunächst die Höhenzahl des Anfangspunktes wissen, d. h. seinen senkrechten Abstand von dem gewählten Vermessungshorizonte.

Die Berechnung erfolgt mit Benutzung des nachstehenden Formulars für die Reinschrift in der aus dem Beispiel zu erkennenden Weise.

' Der Vermessungshorizont liegt 200 Meter über dem Anfangspunkte.

1	2		3		4	5	6
Zeichen	Lattenablesungen Rückblick +	Vorblick −	Unterschiede +	−	Höhenzahlen	Zeichen	Bemerkungen
	Meter		Meter		Meter		
					− 200,000	A	
A	0,162	2,570		2,408	− 202,405	B	
B	2,470	1,049	1,421		− 200,987	C	
C	0,057	2,364		2,307	− 203,294	D	
D	2,364	1,234	1,130		− 202,164	E	

u. s. w.

Jedes ausgedehnte Längennivellement teilt man schon bei der Messung in kleinere Abschnitte, deren Endpunkte feste Zeichen sind (von Steinen gilt stets der höchste Punkt), schließt die Berechnung jedes einzelnen Abschnittes im Taschenbuche für sich ab (vergl. die Formulare auf voriger Seite) und wiederholt bei nicht stimmendem Probenivellement die Arbeit zum dritten Male.

In diesem Falle schreibt man nur die Ergebnisse der einzelnen Abschnitte ein und benutzt vom obigen Formular nur die Spalten 1, 3, 4 u. 5 oder das nachstehende Formular in der angegebenen Weise:

Der Vermessungshorizont liegt 200 Meter über dem Anfangspunkt *A*.

Zeichen	Steigen + (Meter)	Fallen − (Meter)	Höhenzahlen (Meter)	Zeichen und Bemerkungen
			− 200,000	A
A		32,146	− 232,146	+ auf einem Steine
+		7,213	− 239,359	□ auf einer Treppenstufe
□	1,463		− 237,896	Stein Nr. 4
Nr. 4	3,475		− 234,421	△ am Schachte

u. s. w.

Zweigt sich aus einem Liniennivellement ein zweites im Punkte *Z* ab, so ist für diesen Zweig die Höhenzahl des Anfangspunktes *Z* bei der Berechnung in gleicher Weise vorzutragen, wie die von *A* im Hauptnivellement.

Durch Beschluß des Zentraldirektoriums der allgemeinen Landesvermessung vom 20. Dezember 1879 ist für Preußen der Horizont durch den Nullpunkt des Amsterdamer Pegels als Normalnullpunkt (Normal-Null Abkürzung N. N.) vorgeschrieben. Zur Erleichterung des Anschlusses ist ein Netz von sicheren Höhenpunkten durch das ganze Königreich gelegt.

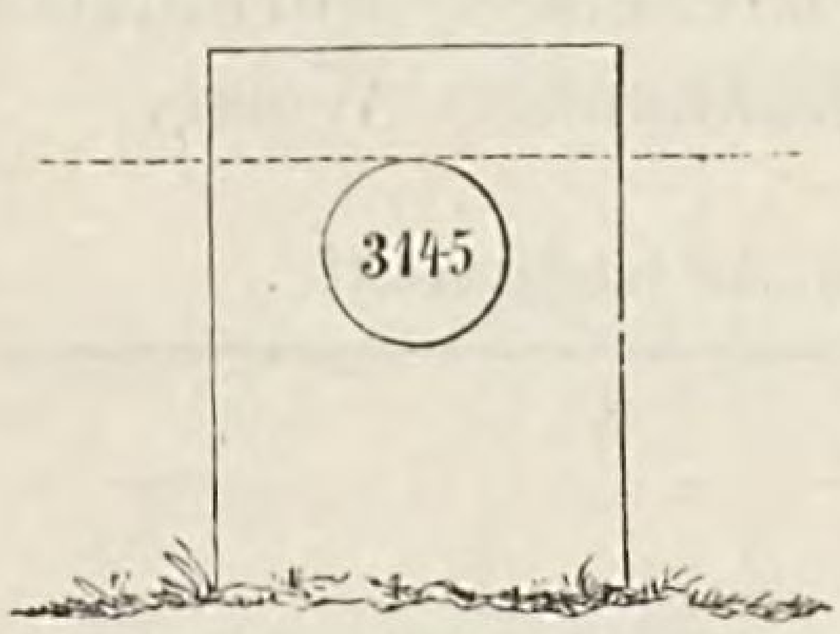


Fig. 217. Versteinter Höhenpunkt.

Diese Höhenpunkte sind an den Bahnhöfen oder an starken auf Chausseen eingesenkten Granitpfeilern angebracht und zwar durch eiserne Bolzen mit einem runden Kopfe, dessen obere Tangentialebene diejenige ist, auf welche sich seine Höhenzahl bezieht. Die Bolzen sind mit laufenden Nummern versehen (Fig. 217) zur Erleichterung des Nachschlagens in den Verzeichnissen, die nach Provinzen geordnet im Buchhandel zu haben sind.

Da für die meisten profilarischen Darstellungen und Berechnungen die gewünschte leichte Übersicht erst dann erreicht wird, wenn der Vermessungshorizont so gewählt ist, daß die Höhenzahlen entweder alle positiv oder alle negativ sind, so ist der Horizont durch Normal-Null für die Bergwerke nicht immer günstig, und es ist zweckmäßig,

für gewisse Bezirke einen Horizont zu wählen, der obiger Bedingung genügt und dessen Abstand von N. N. bekannt ist.

Für den Oberharzer Bergbau ist z. B. der Normalhorizont 600 Meter über N. N. angenommen worden, unter dem sämtliche Betriebspunkte liegen. Die Höhenzahlen sind also sämtlich negativ.

§ 94. Nivellement mit Hängelatten. Bei der Anwendung der Hängelatten tritt die wichtige Änderung ein, daß die rückwärts abgelesene Lattenhöhe negativ und die vorwärts abgelesene positiv ist. Dies hat seinen Grund darin, daß bei dem Gebrauch der Aufsetzlatte die Punkte,

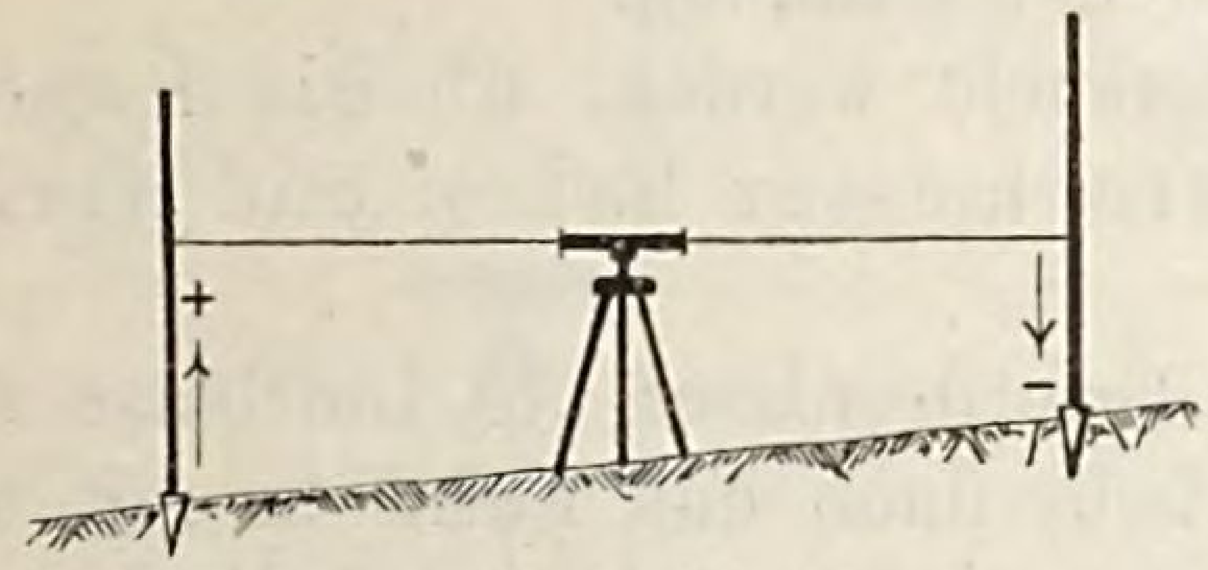


Fig. 218.

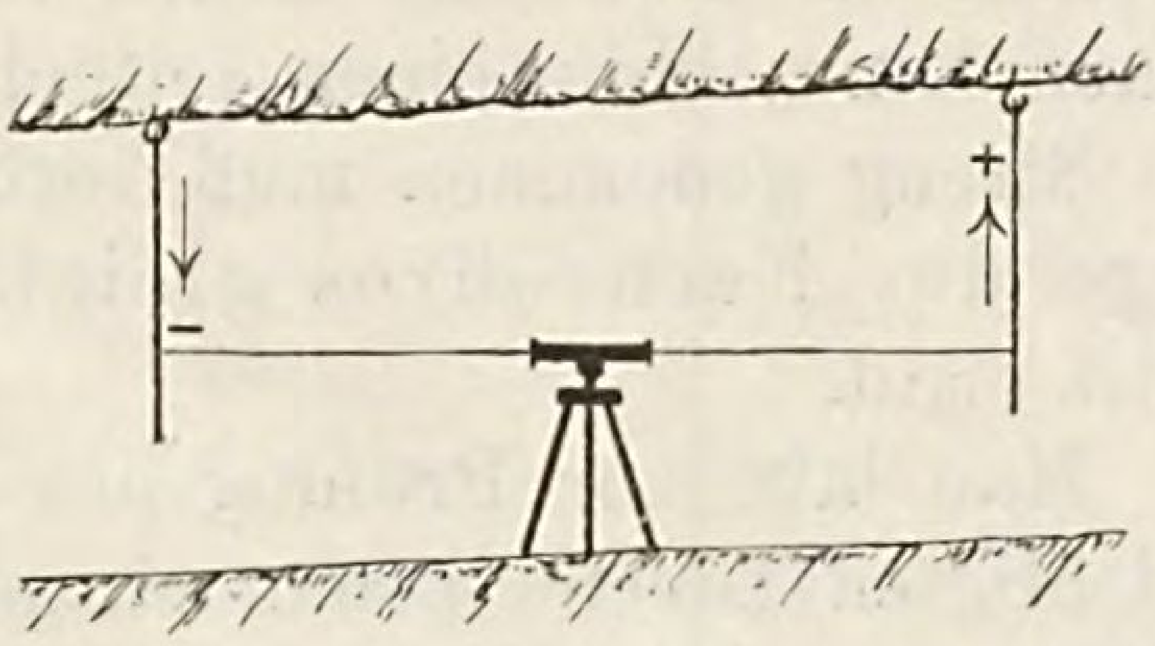


Fig. 219.

Nivellieren mit Aufsetz- und Hängelatten.

deren Höhenzahlen ermittelt werden sollen, sämtlich unter, beim Gebrauch der Hängelatte sämtlich über der durch das Fernrohr gebildeten Horizontallinie liegen. (Figg. 218 u. 219.)

§ 95. Die Prüfung und Berichtigung der Libelleninstrumente. Das Haupterfordernis für die Richtigkeit der Libelleninstrumente ist die Parallelität der Achse der Röhrenlibelle und der Sehachse des Fernrohres.

Ob diese Parallelität vorhanden ist, kann man bei allen Instrumenten, abgesehen von ihrer Konstruktion, erkennen, wenn man den Höhenunterschied zweier 60—100 Meter voneinander entfernter Punkte erst durch das Nivellieren aus der Mitte und dann aus einem Endpunkte bestimmt. Aus der Mitte erhält man immer einen richtigen Wert, auch wenn das Libelleninstrument fehlerhaft ist, aus einem Endpunkte aber wird das Ergebnis nur dann richtig sein, d. h. mit dem aus der Mitte gewonnenen übereinstimmen, wenn das Instrument fehlerlos ist.

Das Prüfen und Berichtigen der Libelleninstrumente im einzelnen richtet sich nach ihrer Konstruktion und soll der Reihe nach besprochen werden.

§ 96. Prüfung und Berichtigung der Libelleninstrumente mit losen Teilen ohne Kippschraube. Zuerst wird die Röhrenlibelle nach § 27 geprüft und berichtigt. Damit ist erreicht, daß die Libellenachse parallel der geometrischen Achse der Lagerringe ist, auf denen

die Libellenfüße stehen. Man hat nun noch zu prüfen, ob die geometrische Achse der Lagerringe mit der Sehachse des Fernrohres zusammenfällt. Zu diesem Zwecke richtet man das Fernrohr auf einen entfernten gut beleuchteten Punkt und dreht das Fernrohr in den Lagern um die Achse der Lagerringe. Bleibt das Fadenkreuz beim Drehen auf dem angezielten Punkte, so fallen beide Achsen zusammen, beschreibt aber der Durchschnittspunkt der Fäden einen Kreis, so ist das Fadenkreuz zu verschieben, bis die Bedingung erfüllt ist (vergl. § 23 Fig. 60).

Die Einstellung des Fadenkreuzes erfolgt schneller, wenn die Stellschrauben durchlochte Köpfe haben, weil der Markscheider, während er durch das Fernrohr blickt, die Schrauben mittels eingesteckter Stifte drehen kann, ohne einen seitlichen Druck auszuüben.

Streng genommen muß vorher untersucht werden, ob die Lagerringe des Fernrohres gleichen Durchmesser haben und kreisrund sind.

Man läßt zur Prüfung des ersten Erfordernisses die Luftblase der berichtigten Libelle genau einspielen, hebt dann das Fernrohr mit der Libelle vorsichtig ab und legt das erstere wieder so ein, daß die Lagerringe in Bezug zu den Lagern verwechselt werden. Die Libelle wird in der anfänglichen Stellung wieder aufgesetzt und die Luftblase muß dann wieder einspielen, wenn ein gleicher Durchmesser der Ringe vorhanden ist. Hierbei ist ein guter Bau und feste Aufstellung, sowie gleiche Verteilung des Gewichtes bei empfindlicher Libelle vorausgesetzt.

Zur Prüfung der kreisrunden Form der Lagerringe schraubt man die Stifte an den Stirnseiten der Libelle ab und beobachtet, ob beim Drehen des Fernrohres die Luftblase der auf dem Fernrohre sitzenden Libelle ihre Stellung beibehält.

Außer den bisherigen Prüfungen kann noch untersucht werden, ob die Fernrohrachse rechtwinkelig gegen die vertikale Drehachse steht. Diese Stellung ist nicht durchaus erforderlich aber immerhin erwünscht. Zur Prüfung stellt man die Libelle über eine Fußschraube, bringt die Blase zum genauen Einspielen und dreht das ganze Instrument um 180 Grad. Zeigt sich hierbei ein Ausschlag, so ist der eine Fernrohrträger durch Zug- und Druckschrauben bis zur Entfernung des Fehlers zu heben oder zu senken.

Am Schluß ist die Dosenlibelle in Ordnung zu bringen.

§ 97. Die Prüfung der Nivellierinstrumente mit festverbundenen Teilen ohne Kippschraube.

Man beginnt auch hier mit der Röhrenlibelle und zwar soll ihre Achse rechtwinkelig zur vertikalen Drehachse des Instrumentes stehen.

Man stellt das Nivellierinstrument möglichst horizontal auf und bringt die Luftblase genau zum Einspielen, während das Fernrohr in einer Parallelebene zweier Fußschrauben steht. Alsdann dreht man

das Instrument um 180 Grad und sieht nach, ob die Blase ausschlägt. Zeigt sie einen Ausschlag, so verbessert man die eine Hälfte an der Berichtigungsschraube der Libelle, die andere an den beiden Fußschrauben des Instrumentes. Führt man dann eine Drehung des Fernrohres um 90 Grad aus, so ist ein etwaiger Ausschlag der Blase nur mit der dritten Stellschraube des Dreifußes zu beseitigen. Dieses Verfahren wiederholt man so lange, bis die Luftblase beim Drehen des Instrumentes nicht mehr ausschlägt.

Demnächst muß geprüft werden, ob die Sehachse des Fernrohres der Libellenachse parallel ist.

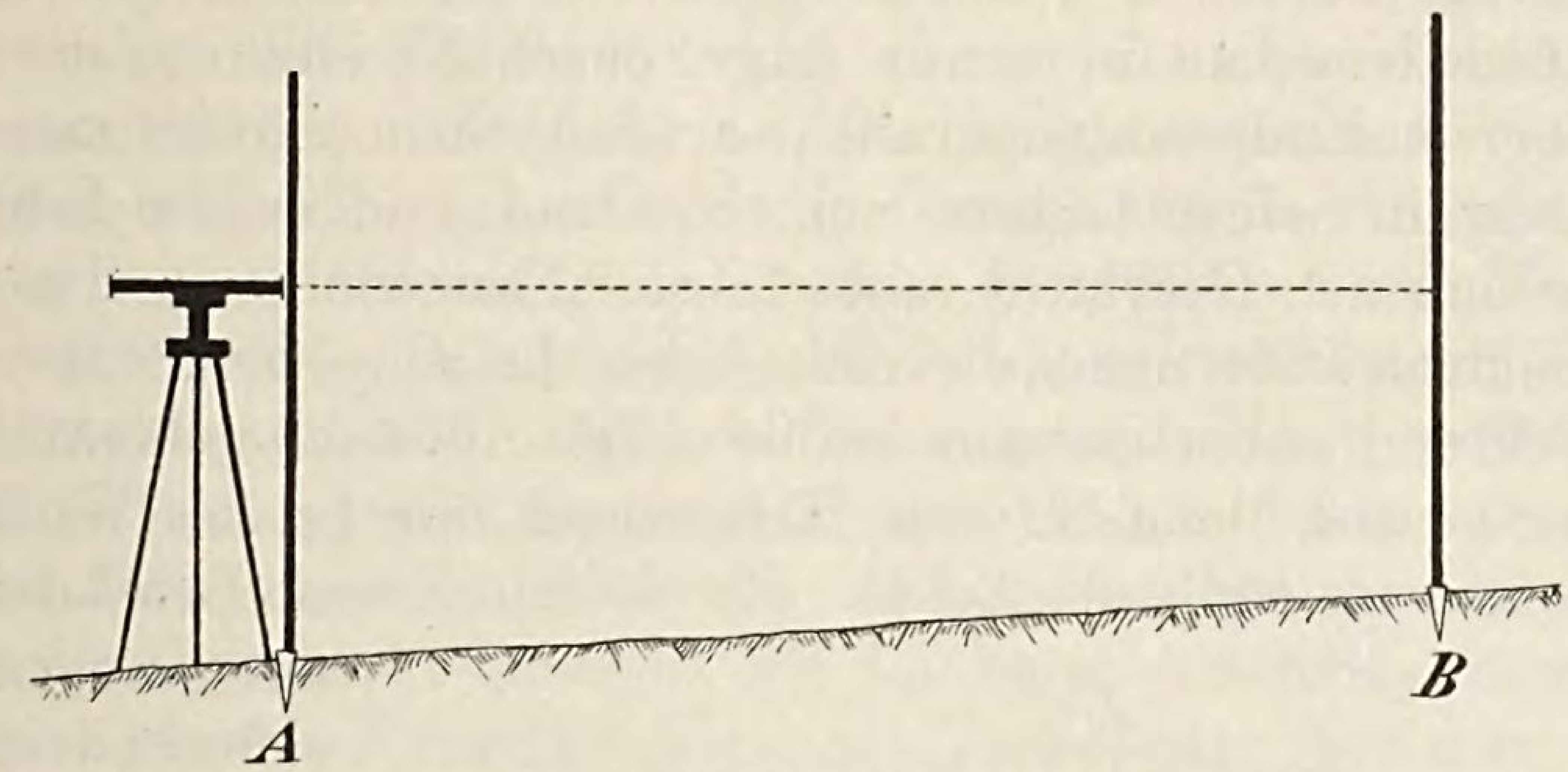


Fig. 220. Prüfung des Libelleninstrumentes mit festverbundenen Teilen.

Zu diesem Zwecke ermittelt man den Höhenunterschied zweier 50—100 Meter je nach der Vergrößerung des Fernrohres voneinander entfernten Punkte A und B (Fig. 220) durch Nivellement aus der Mitte. Er sei $= + 0{,}243$. Sodann stellt man das Instrument zum Nivellieren aus einem Endpunkte neben A auf, horizontiert es und zielt bei genau einspielender Blase die auf B stehende Latte an. Aus der gemessenen Instrumentenhöhe $h = 1{,}340$ und dem ermittelten Höhenunterschied $+ 0{,}243$, ergiebt sich der Skalenpunkt, den das Fadenkreuz des Fernrohres decken muß $= 1{,}097$, wenn die Fernrohrachse parallel der Libellenachse ist. Wird der berechnete Skalenteil aber nicht getroffen, so muß das Fadenkreuz entsprechend vertikal verschoben werden.

§ 98. Die Prüfung und Berichtigung der Nivellierinstrumente mit Reversionslibelle. Das Fernrohr solcher Instrumente ist abnehmbar und drehbar um die Längsachse, aber wegen der beiden zu diesem Zwecke angebrachten Anschlagestifte nur um 180 Grad. Die Libelle sitzt fest am Fernrohr. (Fig. 202.)

In der ersten der beiden Endstellungen steht die Libelle über, in der zweiten unter dem Fernrohre bezw. rechts oder links davon.

Nachdem das Instrument auf das Zusammenfallen von Sehachse und Lagerringachse in bekannter Weise geprüft und berichtigt ist, muß noch

die Libellenachse zur Ringachse parallel gestellt werden. Zu diesem Zwecke giebt man nach ungefährer Horizontalstellung dem Fernrohr die Richtung eines Dreifußbeines, zieht die Klemmschraube für die Horizontalstellung an und bringt die Libelle in der ersten Lage zum Einspielen. Hierauf dreht man das Fernrohr vorsichtig um seine Achse und bringt die Libelle dadurch in die zweite Lage. Zeigt die Libelle einen Ausschlag, so wird er halb durch die vertikale Berichtigungsschraube der Libelle, halb durch die Dreifußstellschraube berichtigt.

Dies Verfahren setzt eine richtige Reversionslibelle voraus. Will man sich von der Richtigkeit der Libelle überzeugen, so bringt man erst die Ringachse zum Zusammenfallen mit der Sehachse und macht nun die Libellenachse in einer Lage durch Nivellieren aus der Mitte und aus einem Endpunkte parallel zur Sehachse. Dreht man nunmehr das Fernrohr in seinen Lagern um 180 Grad, so darf die Libelle keinen Ausschlag zeigen. Geschieht es doch, so ist anzunehmen, daß die beiden inneren Skalenwände nicht dieselbe Achse haben. Fig. 221 zeigt einen solchen Fehler in übertriebener Größe. Die Achse *ab* gehört zur Skala I, die andere *bc* zur Skala II. Die Halbierungslinie *bd* des Winkels *bac* ist die horizontal zu stellende Achse. Zu diesem Zwecke wird die sich nach dem Drehen des Fernrohres zeigende Abweichung der Blase nur zur Hälfte beseitigt, so daß am Ende der Berichtigung der Ausschlag in beiden Libellenlagen gleich groß wird. Der gefundene Ausschlag ist für das Einspielen der Blase dieser Libelle maßgebend.

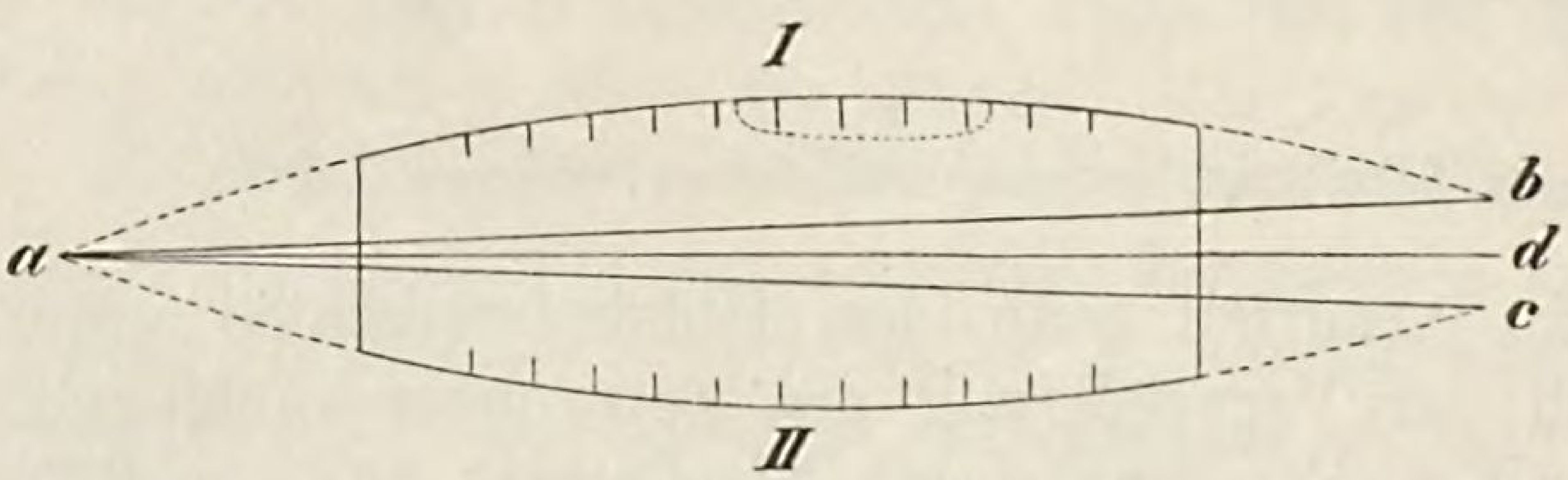


Fig. 221. Fehlerhafte Reversionslibelle.

Außerdem ist die Reversionslibelle noch darauf zu prüfen, ob der Schliff der inneren Skalenwände gut ausgeführt ist.

Man stellt zu diesem Zwecke eine Nivellierlatte senkrecht und ca. 50 Meter davon das Instrument so auf, daß eine Dreifußschraube in der Richtung der Ziellinie ist. Sodann richtet man das Fernrohr auf die Latte, bringt die Blase zum genauen Einspielen und liest ab, z. B. 1,423, hierauf dreht man das Fernrohr in seinen Lagern um 180° und liest wieder bei genau einspielender Libelle ab = 1,431. Das Mittel aus beiden Ablesungen ist 1,427. Nunmehr ändert man den Winkel zwischen Ziellinie und Libellenachse, indem man die Libelle mittels der Berichtigungsschraube etwas in vertikaler Beziehung verstellt und wiederholt obiges Verfahren.

Dies thut man mehrere Male und alle sich ergebenden Mittel sollen gar nicht oder doch nur wenig von 1,427 abweichen.

An den neueren Instrumenten läßt sich die Reversionslibelle in ihren

Lagern umschrauben, so daß das nach dem Objektiv zustehende Ende dem Okular zugewendet wird.

In dieser Stellung der Libelle wiederholt man die Prüfung ebenso oft wie in der ersten Lage. Stimmen beide Mittelwerte überein, so sind beide Skalenseiten der Libelle gleichmäßig ausgeschliffen.

§ 99. Die Prüfung der Libelleninstrumente mit Kippschraube. Die in ihre Teile zerlegbaren Instrumente mit Kippschraube werden genau so geprüft und berichtigt, als ob keine solche Schraube vorhanden wäre. Vor der Prüfung ist nur das Fernrohr nahezu horizontal mittels der Kippschraube zu stellen.

Sollte aber das Fadenkreuz des Fernrohres nicht verstellbar sein, was als zweckmäßig bezeichnet werden muß, so ist das Verfahren ein anderes und zugleich dasselbe, wie die Instrumente mit festverbundenen Teilen und Kippschraube berichtigt werden.

Man ermittelt den Höhenunterschied zweier Punkte durch Nivellieren aus der Mitte = + 0,243, stellt das Instrument neben dem Endpunkte *A* (Fig. 220) auf und mißt die Instrumentenhöhe = 1,340. Sodann zielt man die auf dem anderen Endpunkt stehende Latte an und bringt mit der Kippschraube das Fadenkreuz auf den berechneten Skalenpunkt 1,097. Nunmehr steht das Fernrohr horizontal, und man hat nur nötig, die Libelle mittels ihrer Berichtigungsschraube zum Einspielen zu bringen, um die Libellenachse mit der Sehachse parallel zu haben.

Die Berichtigung der Nivellierinstrumente mit festverbundenen Teilen und mit Kippschraube unterscheidet sich demnach von der Berichtigung solcher ohne Kippschraube dadurch, daß die Prüfung der rechtwinkeligen Stellung der Libellenachse gegen die Vertikalachse ganz wegfällt und bei dem Nivellieren aus einem Endpunkte nicht die Libelle horizontal und danach die Sehachse gestellt wird, sondern daß erst das Fernrohr in eine wagerechte Lage und dann die darauf sitzende Libelle zum Einspielen gebracht wird.

§ 100. Bei allen Nivellierinstrumenten ist zu prüfen, ob der Horizontalfaden richtig steht. Zu diesem Zwecke zielt man mit dem genau horizontal gestellten Instrumente einen scharf beleuchteten Punkt an und dreht das Fernrohr mit der Feinstellschraube. Hierbei darf der Punkt den Horizontalfaden nicht verlassen. Einen etwaigen Fehler verbessert man durch Drehung des Fadenkreuzes, oder des ganzen Okularkopfes, bei den Instrumenten mit Reversionslibelle auch durch Verstellen der Anschlagstifte.

Ferner sind alle Nivellierinstrumente zu prüfen, ob durch das Ziehen des Okulars keine Änderung der Sehachse in vertikalem Sinne herbeigeführt wird. Hierzu schlägt man in gleichen Abständen in einer Linie eine Anzahl von Pflöcken und ermittelt durch Nivellieren aus der Mitte

deren Höhenlage. Nun stellt man das Instrument in der Nähe des einen Endpflockes auf, mißt die Instrumentenhöhe und zielt die Latte an, die der Reihe nach auf die Pflöcke gestellt wird. Bei jeder Lattenanzielung muß das Okular verstellt werden. Werden auf jedem Punkte die vorher berechneten Lattenhöhen abgelesen, so ist die Bewegung des Okulars tadellos. Geschieht dies nicht, so muß mit einem solchen Instrumente immer streng aus der Mitte nivelliert werden, wodurch auch dieser Fehler unschädlich gemacht wird. (Vergl. § 40 Fig. 99.)

§ 101. **Das beim Nivellieren zu beachtende Verfahren.** Das Stativ mit dem Nivellierinstrument ist auf möglichst festem Untergrund aufzustellen. Hat das Instrument keine Dosenlibelle so muß ausschließlich mit der Röhrenlibelle horizontiert werden. Zu diesem Zwecke stellt man die Libellenachse abwechselnd über die Fußschraube *A* und dann parallel zu den beiden Schrauben *B* und *C* (Fig. 222), bringt jedesmal die Blase zum Einspielen, das eine Mal durch die Schraube *A*, das andere Mal durch beide Schrauben *B* und *C*, von denen jede nach einer anderen Richtung gedreht wird, und fährt damit so lange fort, bis kein wesentlicher Ausschlag beim Drehen bemerkbar ist.

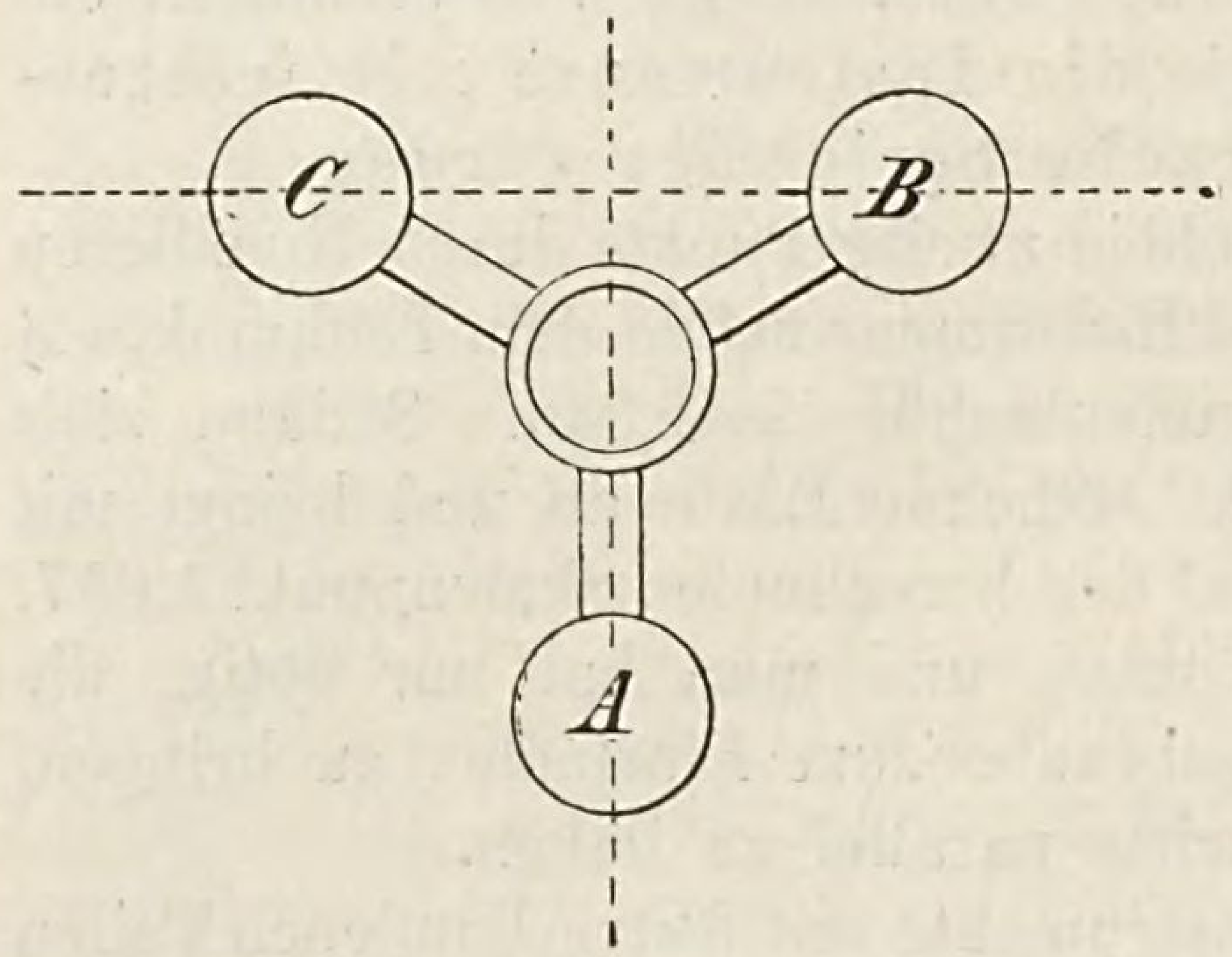


Fig. 222. Horizontieren mit der Röhrenlibelle.

Diese Horizontierung ist zeitraubend, sie wird viel schneller und ausreichend genau durch die Dosenlibelle bewirkt. Das Fernrohr wird nun roh auf die Latte gerichtet und festgeklemmt, sodann die Okularstellung berichtigt und hierbei die Tanzprobe ausgeführt. Erst dann wird dem Fernrohre mittels der Feinstellschraube eine solche Richtung gegeben, daß der Vertikalfaden an dem Rande der Teilung erscheint. Auf diese Weise wird man stets an demselben Punkte des Horizontalfadens ablesen. Zuletzt wird der Röhrenlibelle durch die Kippschraube oder, wenn diese fehlt, durch die Stellschraube des Fußes zum genauen Einspielen gebracht und an der Latte abgelesen.

Hat das Instrument einen Spiegel wie in Fig. 203, so kann das Einspielen der Blase von dem Markscheider bewirkt werden, ohne daß er seinen Standpunkt am Okular verläßt. Dies ist von besonderer Wichtigkeit, wenn der Boden am Standpunkte elastisch ist, weil dann durch das Ändern der Stellung ein Schwanken des Instrumentes herbeigeführt wird. Besitzt das Instrument keinen Spiegel, oder ist er, wie z. B. in der Grube, nicht verwendbar, so ist es zweckmäßig, das Einstellen der

Blase einem zuverlässigen Gehilfen anzuvertrauen, der bei unsicheren Bodenverhältnissen seinen Platz während des Ablesens nicht verlassen darf.

Das ganze Instrument ist vor den Sonnenstrahlen durch einen Schirm zu schützen, bei dem Beobachten der Blase ist das Gesicht, in der Grube das Licht, der Libelle nicht zu nahe zu bringen und ein Anfassen der Libelle mit der bloßen Hand zu vermeiden. Die Libellen zeigen sich gegen Temperaturunterschiede sehr empfindlich, und es kann, wenn die Libelle an verschiedenen Stellen ungleich warm ist, eine ganz unrichtige „untreue" Angabe erfolgen. Die Blase bewegt sich nach der wärmeren Stelle, und zwar ist dies nicht einer Formveränderung des Glasrohres durch die lokale Temperaturerhöhung zuzuschreiben, sondern es wirken andere Kräfte hierbei. Man nennt diese Erscheinung die Untreue der Libelle.

Mit Libellen darf man nicht hastig arbeiten. Es bedarf immer einiger Zeit, bis die Blase die Ruhelage einnimmt. Bei wichtigen Arbeiten und sehr empfindlicher Libelle soll man mindestens eine Minute lang den Blasenstand beobachtet und ruhig gefunden haben. Aus diesem Grunde wird vielfach auf ein Einspielen der Libelle verzichtet und während des Anzielens der Blasenstand an beiden Enden abgelesen. Aus der Zielweite, die in diesem Falle gemessen werden muß (distanzmessendes Fadenkreuz genügt), aus der Empfindlichkeit der Libelle und aus dem beobachteten Ausschlag wird die Verbesserung der abgelesenen Lattenhöhe berechnet. Bei dieser Ablesemethode ist es zweckmäßig, an der Libellenfassung eine etwas feiner geteilte Skala zum schärferen Ablesen anzubringen. Das Ablesen muß ein geübter Gehilfe besorgen.

Hat man ein in den Lagern drehbares Fernrohr, so kann man zur Prüfung in zwei Lagen des Fernrohres ablesen, was bei den Instrumenten mit Reversionslibelle die Regel bildet.

Mit einem distanzmessenden Fadenkreuze kann man an dem Mittelfaden und an den beiden parallelen Distanzfäden ablesen. Die Ablesung am Mittelfaden muß gleich dem arithmetischen Mittel aus den beiden anderen Fäden sein.

Beim Ablesen ist stets die Mitte des Horizontalfadens auf die Latte zu projizieren. Bei längeren Zielweiten können schon merkliche Fehler entstehen, wenn bald die obere, bald die untere Kante des Horizontalfadens für die Lattenablesung maßgebend ist.

Die Zielweiten sollen immer möglichst gleich lang sein. Für ihre Länge ist zunächst die Leistungsfähigkeit des Fernrohres maßgebend, im allgemeinen ist es zweckmäßig, sie nicht zu lang zu nehmen.

Für die Präzisionsnivellements der Landesaufnahme ist als längste Zielweite 50 Meter zulässig, mit den kleineren von den Markscheidern gebrauchten Instrumenten sollte man nicht über 30 Meter hinausgehen.

Die Zielweiten sind durch Abschreiten des Gehilfen festzustellen.

Besitzt aber das Fernrohr ein distanzmessendes Fadenkreuz, so können die Zielweiten leicht ganz gleich gemacht werden.

Die Latten sind auf festen Untergrund, über Tage mit Vorliebe auf einen Stein und dann auf seinen höchsten Punkt, in der Grube auf die Schienen aufzustellen. Ist der Untergrund nicht fest, so wird die Latte auf einen mitzuführenden Untersetzer aus Eisen, der oben mit einem runden Knopf versehen ist, aufgestellt.

Das Nivellieren in der Grube unterscheidet sich nicht von dem über Tage. Die Nivellierinstrumente werden häufig auf Armen, seltener auf Spreizen aufgestellt, ferner wird in der Grube neben der Aufsetzlatte auch die Hängelatte angewendet.

§ 102. Die Genauigkeit der geometrischen Nivellements. (Vergl. Civilingenieur 1879, S. 353 ff.) Die beim Nivellieren sich zeigenden Unstimmigkeiten entstehen hauptsächlich: 1) durch den Zielfehler, 2) durch den Libellenschätzungsfehler; die anderen Fehlerquellen, von denen noch der Teilungsfehler der Latte und der Refraktionsunterschied bei Rückblick und Vorblick zu nennen wäre, fallen gegen die beiden genannten nicht ins Gewicht.

Die Unsicherheit des Zielens wird durch die Brechung des Lichtes in ungleich dichten Luftschichten herbeigeführt. Man soll Ziellinien vermeiden, die dicht über den Erdboden hinstreichen, namentlich bei Sonnenschein, weil dann das Zittern des Bildes ein sicheres Ablesen unmöglich macht.

Der Libellenabschätzungsfehler wird auf ein Zehntel Teilstrich angenommen. Beide Fehler ergeben bei einer durch einmaligen 50 Meter langen Rück- und Vorblick erfolgten Bestimmung des Höhenunterschiedes zweier Punkte erfahrungsmäßig einen mittleren Fehler von nahezu 0,3 mm. Die zweite allgemeine Konferenz der europäischen Gradmessung hat dementsprechend die Bestimmung getroffen, daß der wahrscheinliche Fehler des Höhenunterschiedes zweier um 1 Kilometer entfernter Punkte im allgemeinen nicht 3 mm und in keinem Falle 5 mm überschreiten darf.

Die allgemeinen Vorschriften für Markscheider in Preußen setzen für Präzisionsnivellements den zulässigen Fehler auf 1 : 40 000 oder den Kilometerfehler auf 25 mm, für unwichtigere Nivellements auf 1 : 20 000 oder den Kilometerfehler auf 50 mm fest.

Der Lattenfehler kann durch sorgfältige Auswahl des Holzes, durch tadellose Teilung und durch wiederholte Prüfung vermieden werden. Ein doch vorhandener Lattenfehler wirkt am nachteiligsten bei andauernd steigendem Gelände, weil dann beim Rückblick immer die ganze Länge der Latte, beim Vorblick nur ein sehr kleiner Teil davon in Rechnung kommt, mithin der Lattenfehler nur im Rückblick summiert auftritt. Bei fallendem Gelände erscheint der summierte Fehler im Vorblick.

§ 103. Fehlerausgleichung in den Nivellements. Wenn nur die Höhenlage zweier Punkte gesucht wird, und wenn dieselbe Strecke mit Benutzung derselben Zwischenpunkte wiederholt nivelliert wurde, so genügt das Nehmen des arithmetischen Mittels. Man zerlegt ein Liniennivellement deshalb in einzelne Abschnitte.

Hat man ein in sich zurückkehrendes Polygon (eine Schleife) oder ein offenes Polygon zwischen zwei Fixpunkten nivelliert, so wird man den auftretenden Widerspruch (Ab- oder Anschlußfehler) auf die einzelnen Punkte gleichmäßig verteilen, vorausgesetzt, daß die Zielweiten durchschnittlich immer dieselben waren.

Gehört ein Punkt mehreren Nivellementsschleifen an, so heißt er ein Knotenpunkt. In diesem Falle ist für die Ausgleichung die Methode der kleinsten Quadrate verwendbar.

Ein Näherungsverfahren liefert auch gute Ergebnisse. Es wird zuerst die Schleife für sich ausgeglichen, die den größten Widerspruch zeigt, dann jene mit dem nächst größeren, zuletzt die mit dem kleinsten Schlußfehler, wobei immer Zwangsbedingungen für die in schon vorher ausgeglichenen Schleifen aufgetretenen Punkte bestehen.

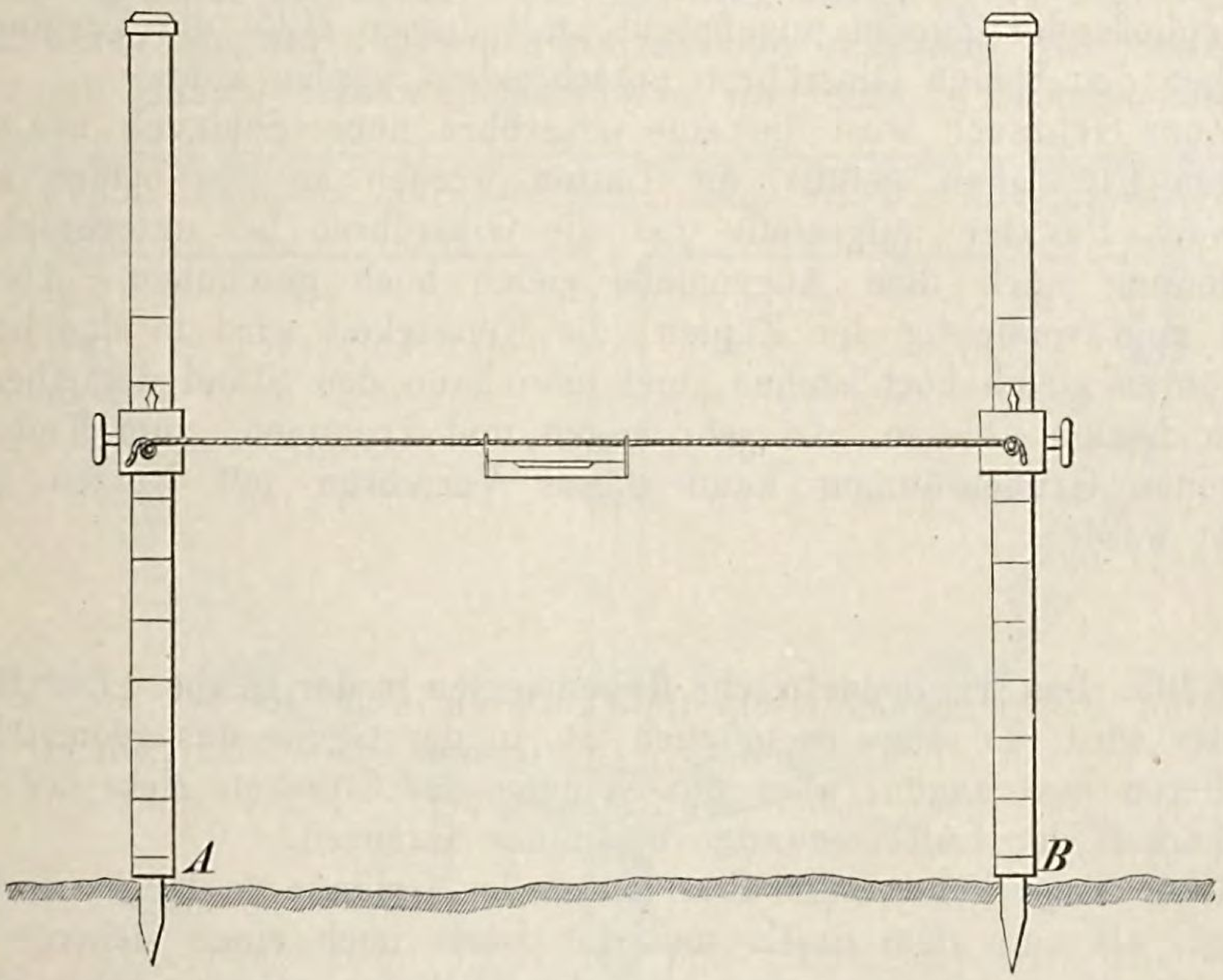


Fig. 223. Nivellieren mittels der Abwägestäbe.

§ 104. Andere Hilfsmittel zum Nivellieren. Ein schon sehr altes, aber unter Umständen immer noch anwendbares Hilfsmittel zum Nivellieren sind die Abwägestäbe. (Fig. 223.) Über zwei 1,5 Meter lange Nivellier-

latten sind Rahmen geschoben, die mittels Preßschrauben an die Latte angeklemmt werden. An den Rahmen sitzen Stifte zum Umschlingen der Schnur, und in gleichen Abständen vom Stifte sitzt an jedem Rahmen ein Zeiger. Beim Gebrauch klemmt man den Rahmen der auf *A* stehenden Latte fest und verschiebt den Rahmen an der auf *B* stehenden Latte so lange, bis der an der Schnur hängende Gradbogen (bezw. Hängelibelle) einspielt. Der Unterschied der Ablesungen an beiden Zeigern giebt den Höhenunterschied von *A* und *B*.

Mit gleichen Schnurlängen können auch Punkte in einem bestimmten gleichmäßigen Ansteigen bestimmt werden.

In der österr. Zeitschr. 1877 S. 455 ist ein Verfahren des Dr. Luigi Aita angegeben, mittels kommunizierender Röhren den Höhenunterschied zweier Punkte zu finden.

Die Vorrichtung besteht aus zwei, mit metrischer Einteilung versehenen Meßlatten; von jeder dieser Latten ist eine 20 cm lange, 2 cm im Durchmesser haltende Glasröhre mit Hilfe von Metallbändern auf und ab beweglich. Die zwei Glasröhren sind mit einem beliebig langen Kautschukschlauche verbunden und dadurch die kommunizierenden Röhren hergestellt. An einem Ende des Kautschukschlauches ist ein gut schließender Zapfen angebracht, mit dessen Hilfe die Verbindung zwischen den beiden Glasröhren unterbrochen werden kann.

Zum Gebrauch wird die eine Glasröhre nebst Schlauch mit einer farbigen Flüssigkeit gefüllt, die Latten werden an den beiden abzuwägenden Punkten aufgestellt und die Glasröhren bei unterbrochener Verbindung nach dem Augenmaße gleich hoch geschoben. Alsdann öffnet man vorsichtig den Zapfen, die Flüssigkeit wird in den beiden Glasröhren gleich hoch stehen, und man kann den Stand derselben an beiden Latten ablesen. In sehr engen und krummen, zum Teil verbrochenen Grubenräumen kann dieses Verfahren mit Nutzen angewendet werden.

§ 105. **Das trigonometrische Höhenmessen in der Grube.** Der Markscheider wird, so lange es möglich ist, in der Grube das geometrische Nivellieren bevorzugen, aber die Neigung der Strecken zieht der Verwendbarkeit der Luftblasenwage bestimmte Grenzen.

Über Tage kann zwar über ein steiles Gelände so lange nivelliert werden, als man dem Stativ und der Latte noch einen sicheren und festen Stand zu geben vermag, weil die Ziellinien nahezu rechtwinkelig zur Falllinie der Oberfläche gelegt werden können, die Rück- und Vorblicke demnach Zickzacklinien bilden, in der Grube dagegen liegen die Ziellinien in der Fallrichtung und dann werden bei dem Nivellieren aus der Mitte und wachsendem Fallwinkel die Zielweiten bald zu kurz.

Die Höhen der Strecken wird selten erlauben mehr als zwei Meter

Lattenhöhe auszunützen. Beschränkt man noch die Instrumentenhöhe auf 1 Meter, so wird man bei einer

Neigung	von	5^0	Zielweiten	von	11,4 m	erhalten.
„	„	7^0	„	„	8,1 „	„
„	„	10^0	„	„	5,7 „	„
„	„	12^0	„	„	4,7 „	„
„	„	15^0	„	„	3,7 „	„

Ist die Strecke sehr hoch, so können noch längere Latten verwendet und das Instrument kann höher gestellt werden, wodurch die Zielweiten wachsen. Ist dagegen die Strecke niedriger, so verkürzen sich die Zielweiten. Im Durchschnitt werden die Schwierigkeiten bei einem Fallwinkel von 10 Grad beginnen und den Markscheider zur Anwendung des trigonometrischen Nivellements zwingen.

Die Instrumente zum trigonometrischen Höhenmessen sind der Gradbogen, der Höhenkreis des Theodoliten oder der Bussole und die Setzwage.

§ 106. **Der Gradbogen.** Der Gradbogen (Fig. 224) ist dazu bestimmt, an einer ausgespannten Schnur aufgehängt zu werden, um hierdurch deren Neigung gegen den Horizont zu ermitteln. Er besteht aus einem mit Haken versehenen Halbkreise von nicht zu dickem, federhart

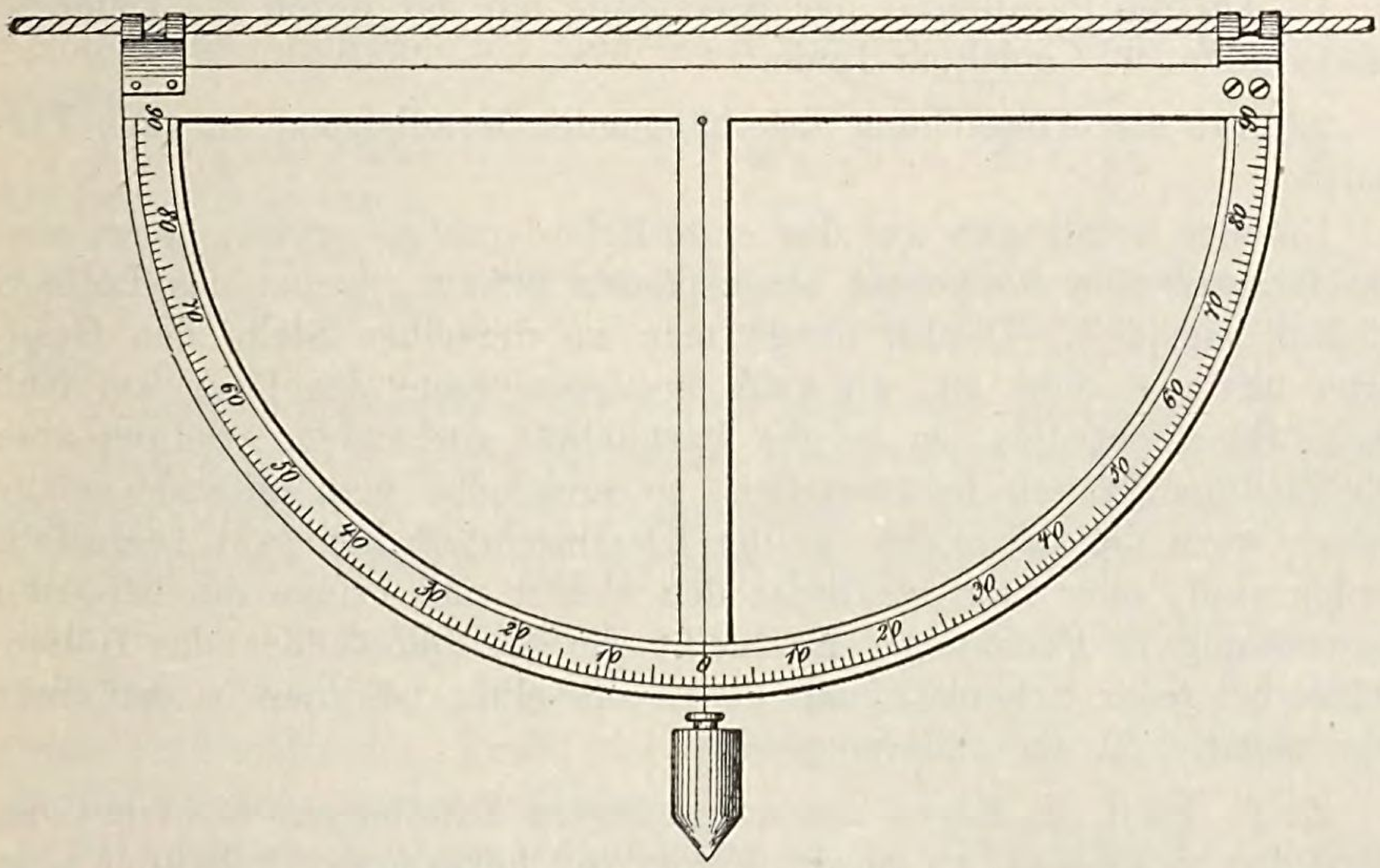


Fig. 224. Der Gradbogen.

geschlagenen Messingblech, aus dessen Mittelpunkte ein Lot an einem schwarzen Frauenhaar herabhängt. Das Haar liegt an der Gradteilung des Bogens an und ermöglicht das Bestimmen des Neigungswinkels. Die verstellbaren Haken sind wie beim Hängekompaß eingerichtet.

Man fertigt den Gradbogen jetzt auch aus Hartgummi mit einem Silberstreifen belegt und aus Aluminiumblech an.

Ist in Fig. 225 α der Neigungswinkel der geneigten Schnur, so wird der Bogen $c'd'$ am angehängten Gradbogen den Winkel dec messen. $\sphericalangle dec = \sphericalangle ead = \alpha$, da die Schenkel beider aufeinander rechtwinkelig sind.

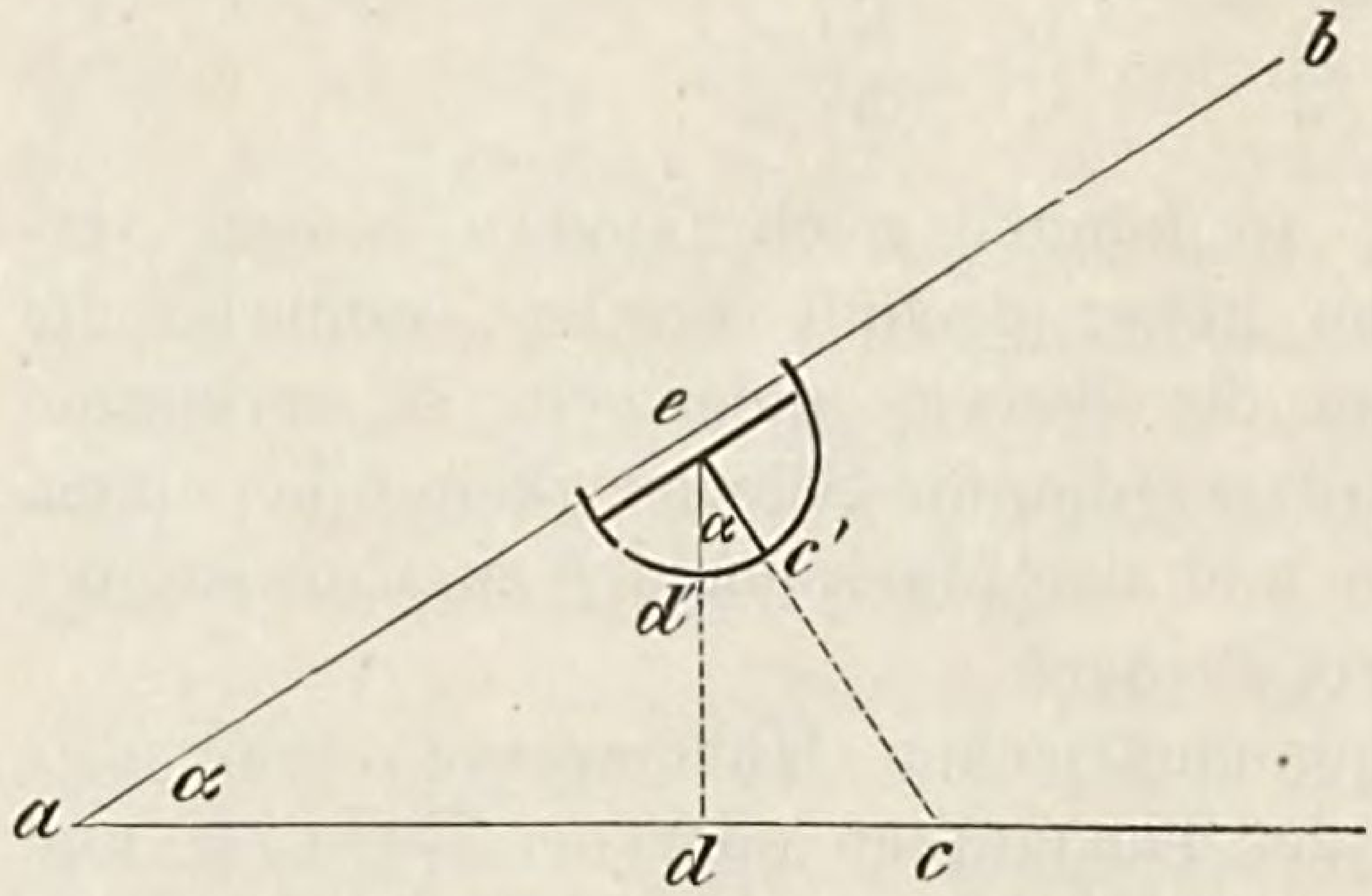


Fig. 225. Messen des Neigungswinkels mittels des Gradbogens.

Die Teilung des Bogens beginnt in der Mitte und geht nach beiden Seiten bis zu 90°. Man liest die Höhen- bezw. Tiefenwinkel unmittelbar ab. Die Einteilung des Gradbogens ist bis zu $^1/_4$ oder $^1/_5$ Grade durchgeführt. Die Unterabteilungen werden abgeschätzt. Die höchste Ablesegrenze ist $2^1/_2$ Minuten.

Die Prüfung des Gradbogens hat sich, die Richtigkeit der Teilung und des Aufhängepunktes des Lotes sowie ein gleichmäßiger Querschnitt der Schnur vorausgesetzt, zu richten:

1. Auf die Parallelität der Hakenlinie mit der durch die Teilungspunkte $90^0 - 90^0$ gelegten Linie.

2. Auf die Abweichung des hängenden Gradbogens aus der Vertikalen.

Um den Gradbogen auf das erste Erfordernis zu prüfen, hänge man denselben an eine horizontal ausgespannte Schnur, wobei das Lothaar auf Null einspielt. Darauf hänge man an derselben Stelle den Gradbogen um und sehe zu, ob auch in dieser Lage das Haar auf Null zeigt. Geschieht dies, so ist die Parallelität vorhanden. Sollten aber sich Unstimmigkeiten herausstellen, so verschiebe man entweder einen Haken, wozu die Öffnungen für die Klemmschräubchen oval hergestellt worden sind, oder man bestimme den Fehler und bringe ihn bei jeder Beobachtung in Rechnung. Er bleibt wie der Indexfehler des Höhenkreises bei jeder Schnurneigung genau derselbe, ist aber in der einen Lage negativ, in der anderen positiv.

Zu 2. Fällt die Ebene des aufgehängten Gradbogens nicht mit der Vertikalen zusammen, so ist der Fehler bei horizontalen Schnüren ohne Einfluß, er wird nur mit zunehmendem Neigungswinkel erscheinen, aber er erreicht die Ablesegrenze nur bei einer Abweichung des Gradbogens aus der Vertikalen, die schon mit bloßem Auge zu erkennen ist. Das Haar hängt beim Vorhandensein des Fehlers entweder frei oder es liegt fest an der Teilung an. Der Fehler ist vom Mechanikus zu beseitigen.

§ 107. Die richtige Aufhängestelle des Gradbogens an geneigter Schnur. Die gespannte Schnur bildet eine Kettenlinie. Der Neigungswinkel dieser Linie ist an verschiedenen Punkten verschieden, eine Stelle muß es aber geben, wo die Schnur der Verbindungslinie der beiden Endpunkte parallell läuft, und da würde der Gradbogen zur Ermittelung der richtigen Neigung aufzuhängen sein.

Sieht man von dem Gewichte des Gradbogens ab, so würde der richtige Aufhängepunkt nur wenig von dem Schnurmittel nach dem unteren Ende zu abweichen.

Das Gewicht des Gradbogens verändert aber die Neigung der Schnur, weil es sich nicht gleichmäßig auf beide Haken verteilt, wie aus nachstehender Betrachtung hervorgeht:

In Fig. 226 bezeichnen:

G das Gewicht des Gradbogens mit Lot,

S den Schwerpunkt,

d den Abstand der Schnurlinie von S,

l den Abstand beider Haken voneinander,

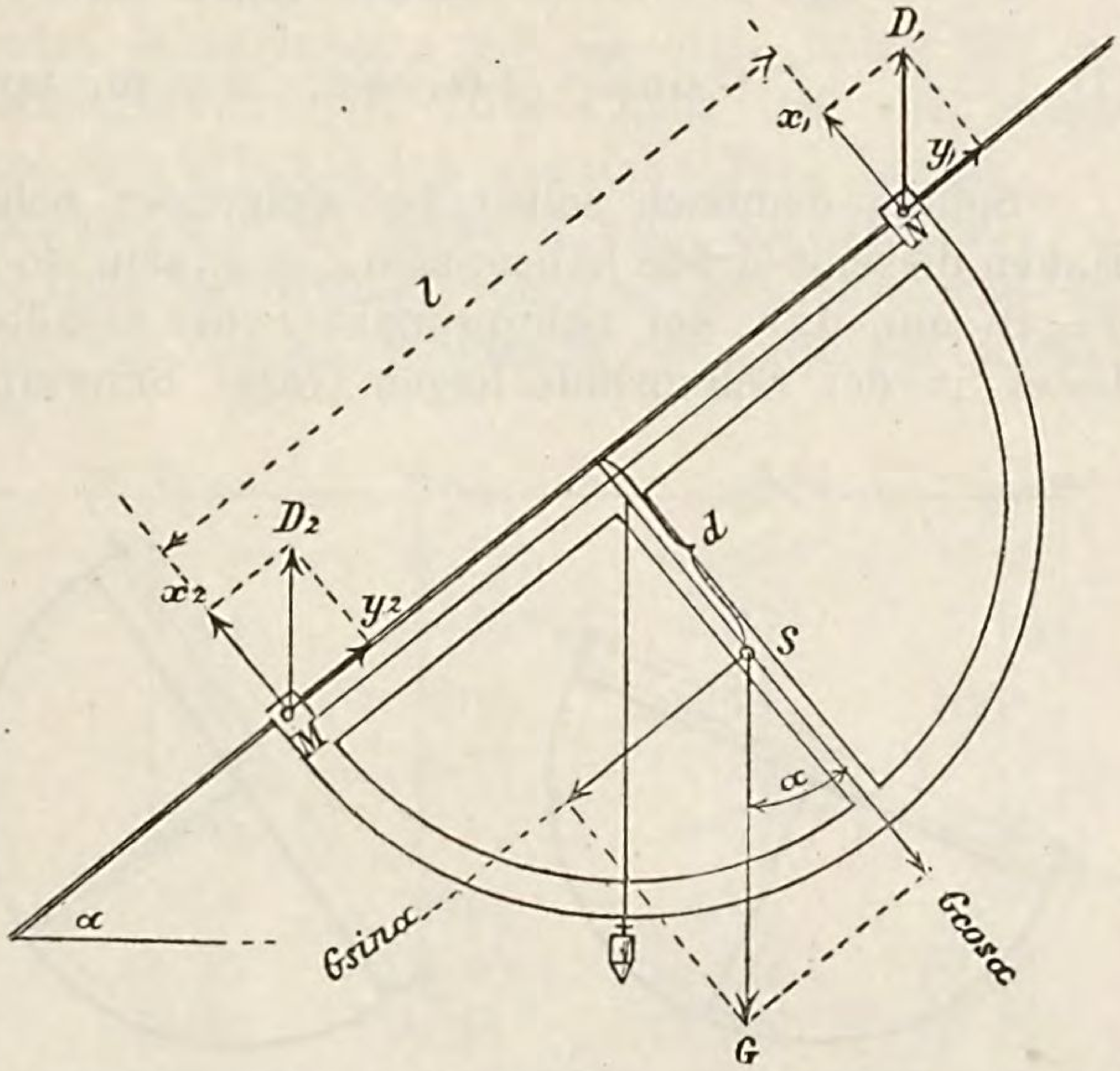


Fig. 226. Ungleicher Druck der Gradbogenhaken auf die geneigte Schnur.

α den Neigungswinkel der Schnur gegen den Horizont.

Man zerlege G, sowie die beiden unbekannten Drücke D_1 D_2 in den Aufhängepunkten in je zwei Komponenten: parallel und rechtwinkelig zur Schnurlinie, dann ist für die gleichgerichteten Kräfte:

$$(1) \quad x_1 + x_2 = G \cos\alpha \qquad (2) \quad y_1 + y_2 = G \sin\alpha .$$

Ferner müssen, wenn Gleichgewicht statthaben soll, für irgend einen angenommenen Punkt die statischen Momente der Kräfte sich ebenfalls gegeneinander aufheben:

Für M als Drehpunkt haben x_2, y_2, y_1 kein Moment, es bleibt demnach

$$(3) \qquad x_1 l = \frac{l}{2} . G \cos\alpha + d G \sin\alpha ,$$

dagegen für N als Drehpunkt

$$(4) \qquad x_2 l = \frac{l}{2} . G \cos\alpha - d G \sin\alpha .$$

Demnach ist der Überdruck auf die Schnur am oberen Haken

(5) $$x_1 - x_2 = 2 \cdot \frac{d}{l} G \sin \alpha .$$

Nach Gleichung (4) folgt, daß $x_2 = 0$ wird, also der untere Haken gar nicht mehr auf die Schnur drückt, wenn

(6) $$\frac{d}{l} G \sin \alpha = \tfrac{1}{2} G \cos \alpha , \quad \text{also für } \operatorname{tang} \alpha = \frac{l}{2d} .$$

Es springt der untere Haken sogar ab, wenn

(7) $$\frac{d}{l} G \sin \alpha > \tfrac{1}{2} G \cos \alpha , \quad \text{also für } \operatorname{tang} \alpha > \frac{l}{2d} .$$

Sollten demnach selbst bei steigender Schnur die Drücke in den Haken dieselbe Größe haben, also $x_2 = x_1$ sein, so müßte nach Gleichung (5) $d = 0$ sein, d. h. der Schwerpunkt S des Gradbogens einschließlich des Lotes in der Schnurlinie liegen (vergl. SCHNEIDERS Hängebogen § 108 Fig. 229).

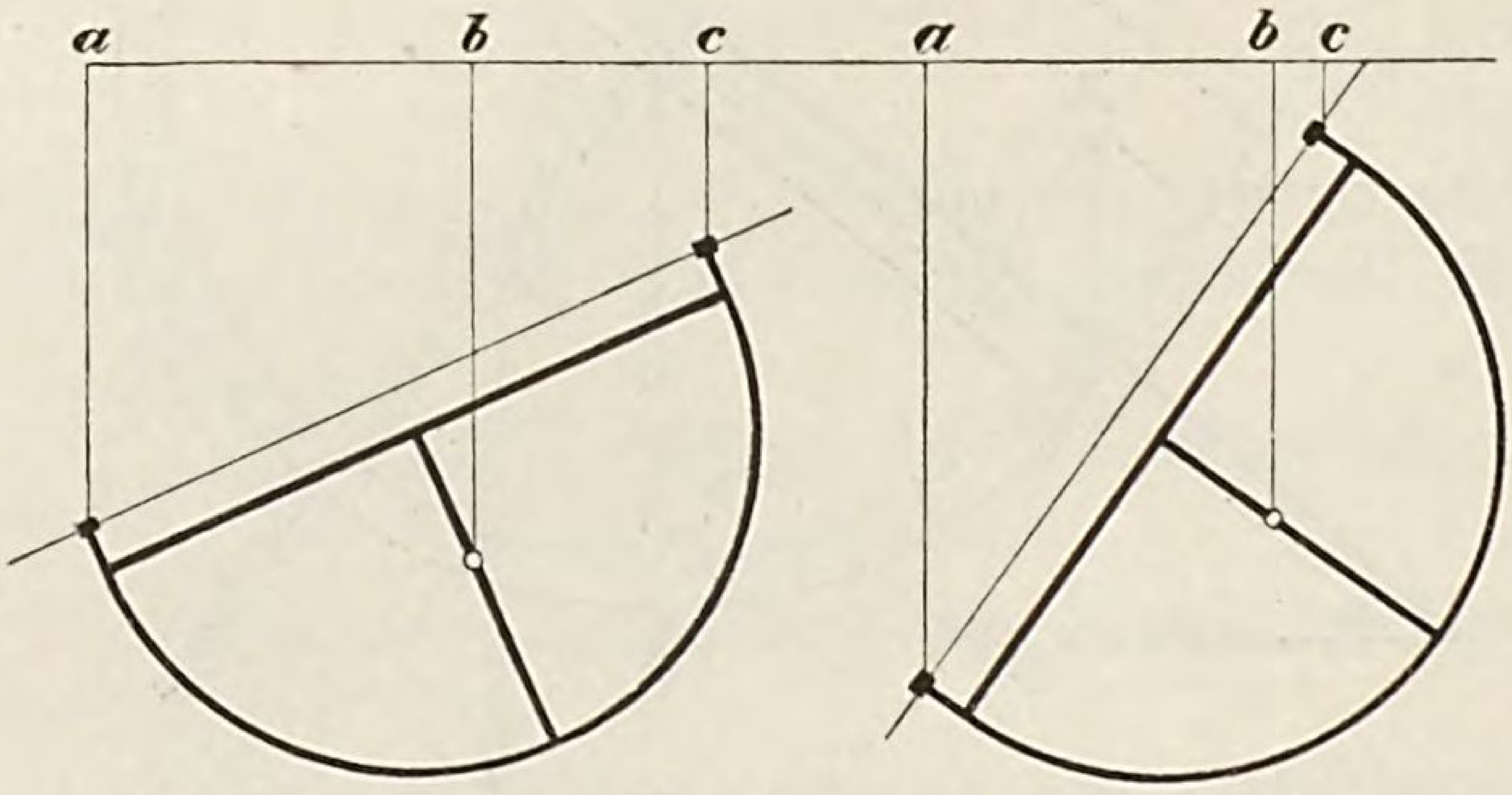


Fig. 227 a u. b. Der Gradbogen an geneigter Schnur.

In Fig. 227 a u. b sind zwei Gradbogen mit verschiedener Neigung dargestellt. Man kann durch bloße Anschauung sich überzeugen, wie mit zunehmender Schnurneigung auch der Hebelarm ab wächst, an dem das Gewicht des Gradbogens auf den oberen Haken wirkt. Der Hebelarm bc, an dem das Gewicht auf den unteren Haken drückt, wird kleiner.

Die Stelle der ausgespannten geneigten Schnur, an welcher der Gradbogen angehängt werden muß, um den richtigen Neigungswinkel anzugeben, ist durch Versuche von FLORIAN, Markscheider zu Bleiberg in Kärnten, Professor JUNGE in Freiberg (B. u. H. Z. 1862, S. 57) und BERGRAT BORCHERS (ebenda 1863, S. 213) ermittelt.

Aus den FLORIANschen Versuchen ist nach Professor VON MILLER-HAUENFELS folgende Regel abgeleitet worden:

Man hänge den Gradbogen näher gegen das höhere Ende der Schnur und zwar von der Schnurmitte um ein solches Maß entfernt, das man erhält, wenn man die Schnurlänge bei einer Tonnlage bis etwa 15° für jeden Grad mit 0,004 und für größere Winkel mit 0,003 multipliziert. Bei 12 m langer Schnur und 20 Grad Neigung würde z. B. der Gradbogen bei 6,72 m, vom unteren Ende ab gerechnet, aufzuhängen sein.

Junge rät, den Gradbogen etwas über der Mitte, etwa bei 0,58 der Schnurlänge, vom tieferen Ende ab gerechnet, anzuhängen.

Borchers hat nicht den Aufhängepunkt des Gradbogens für den richtigen Neigungswinkel zu ermitteln gesucht, sondern aus wiederholt ausgeführten Versuchen eine Tabelle aufgestellt, wonach man die Winkel, die an einem in der Mitte der Schnur aufgehängten Gradbogen abgelesen waren, verbessern kann. Eine solche Tabelle hat nur für eine Schnur von bestimmter Beschaffenheit und Länge und für einen Gradbogen von gewissem Gewichte Gültigkeit.

Von den nachstehenden Winkelwerten gilt die erste Reihe für die Meterkette aus feinem Messingdraht von 10 m Länge und die zweite Reihe für straff gespannte Hanfschnüre von ebenfalls 10 m Länge.

Der benutzte Gradbogen hatte ein Gewicht von 70,6 Gramm.

Die Verbesserungen sind für Winkel von fünf zu fünf Grad ermittelt und zeigen an, um wie viel die Winkel in der Mitte der Schnur zu klein erhalten wurden.

	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0	30^0
I.	2′ 5″	3′ 4″	5′ 5″	6′ 17″	7′ 28″	8′ 38″
II.	1′ 35″	2′ 42″	3′ 44″	4′ 40″	5′ 30″	6′ 10″
	35^0	40^0	45^0	50^0	55^0	60^0
I.	9′ 38″	10′ 40″	11′ 39″	12′ 33″	13′ 28″	14′ 22″
II.	6′ 38″	7′ 20″	7′ 38″	8′ 10″	8′ 32″	8′ 55″
	65^0	70^0	75^0	80^0	85^0	90^0
I.	15′ 13″	16′ 2″	16′ 55″	17′ 40″	18′ 25″	19′ 5″
II.	9′ 15″	9′ 34″	9′ 52″	10′ 12″	10′ 30″	10′ 45″

Die schon erwähnten Versuche von Professor Junge haben außerdem ergeben, daß man den richtigen Neigungswinkel nicht erhält, wenn man den Gradbogen sowohl an dem oberen als auch am unteren Ende der Schnur anhängt und aus den an diesen Stellen abgelesenen Neigungswinkeln das Mittel nimmt. Das so gefundene arithmetische Mittel ist nicht unerheblich kleiner als der wahre Neigungswinkel der Schnur.

Der Gradbogen ist nach alledem kein besonders leistungsfähiges Instrument, und man wird es zu wichtigen Seigerteufenermittelungen nur mit großer Vorsicht benutzen.

Die allgemeinen Markscheidervorschriften in Preußen setzen für Gradbogenhöhenmessungen eine Fehlergrenze von 1 : 2500 fest, im Königreich Sachsen wird sogar 1 : 10 000 verlangt. Nach Ermittelungen des Professors Schmidt (Jahrbuch für das B. u. H. im Königr. Sachsen 1888) überschreitet der Fehler in der durch den Gradbogen ermittelten Seigerteufe schon bei 5^0 Neigung die Grenze von 1 : 10 000, während sie bei 20^0 Neigung nahezu 1 : 2000 und bei 45^0 sogar 1 : 1300 erreicht.

Der Gradbogen wird jedoch für den Markscheider unentbehrlich bleiben, sobald es sich um die Bestimmung der Neigungswinkel behufs Berechnung der Sohlen handelt.

§ 108. **Andere Formen des Gradbogens.** Von den Versuchen, dem Gradbogen eine andere Form zu geben, ist zuerst der ungefähr im Jahre 1775 konstruierte, in Fig. 228 dargestellte Gradbogen zu nennen.

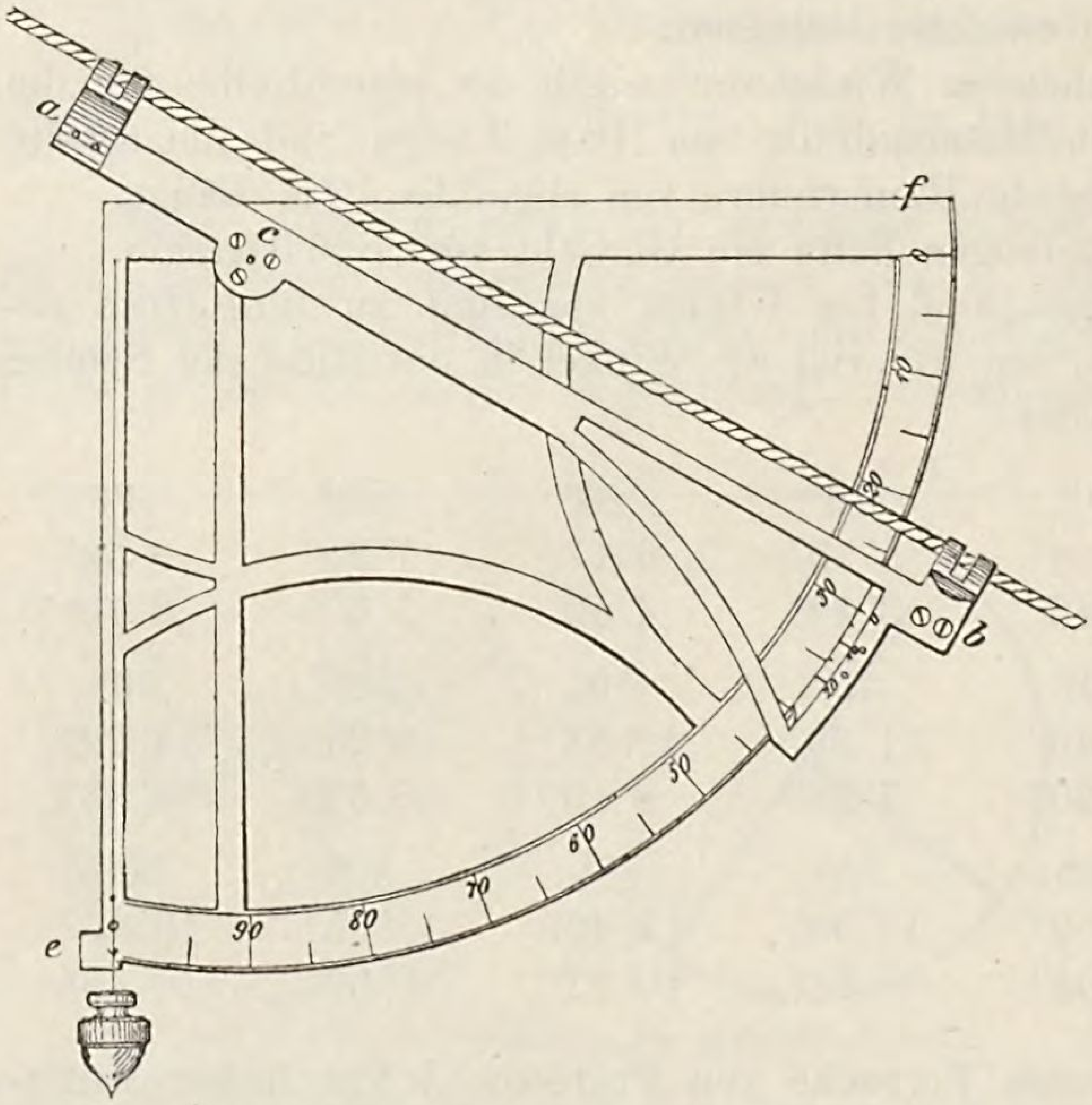


Fig. 228. Gradbogen von Kästner.

Die Schiene *ab* mit den beiden Haken ist um die Achse *c* drehbar, an welcher der Quadrant *ef* ebenfalls drehbar befestigt ist. Liegt die Schiene auf der Schnur, so dreht man den Quadranten so lange, bis das Lot im Nullpunkte bei *e* einspielt.

Am Nonius, der an der Schiene bei *b* sitzt, kann nun der Winkel abgelesen werden. Dieser Gradbogen ist sehr wenig in Gebrauch gekommen.

Der Hängebogen von Schneider (Österr. Z. f. B. u. H. 1887, S. 367). Schneider will den Fehler des alten Gradbogens: die ungleiche Belastung der einzelnen Haken durch die Konstruktion seines Hängebogens, dadurch vermeiden, daß er den Schwerpunkt in die Schnurlinie verlegt. Statt eines Halbkreises nimmt er einen Vollkreis und statt des Lotes eine Alhidade mit Röhrenlibelle (Fig. 229). Das Instrument ist aus Aluminiumblech gefertigt und wiegt daher trotz seines Umfanges und Beiwerkes nur 85 Gramm. Der zarte Apparat verbiegt sich aber leicht und hängt sich nicht immer von selbst vertikal. Auch dieses Instrument hat keine Verbreitung zu erwarten.

Das Borcherssche Hängeniveau. In der B. u. H. Z. 1882, S. 245 beschreibt Borchers einen zu einem bestimmten Zwecke konstruierten Apparat, der die unmittelbare Beobachtung der richtigen Neigungswinkel gespannter Schnüre gestattet (Fig. 230). Dieser Apparat, von Borchers

Hängeniveau genannt, ist ein Gradbogen, welcher statt des Lotes eine um den Mittelpunkt drehbare Alhidade besitzt, die mit Nonius und Feinstellung versehen ist und mittels einer darauf befestigten Röhrenlibelle senkrecht gestellt werden kann.

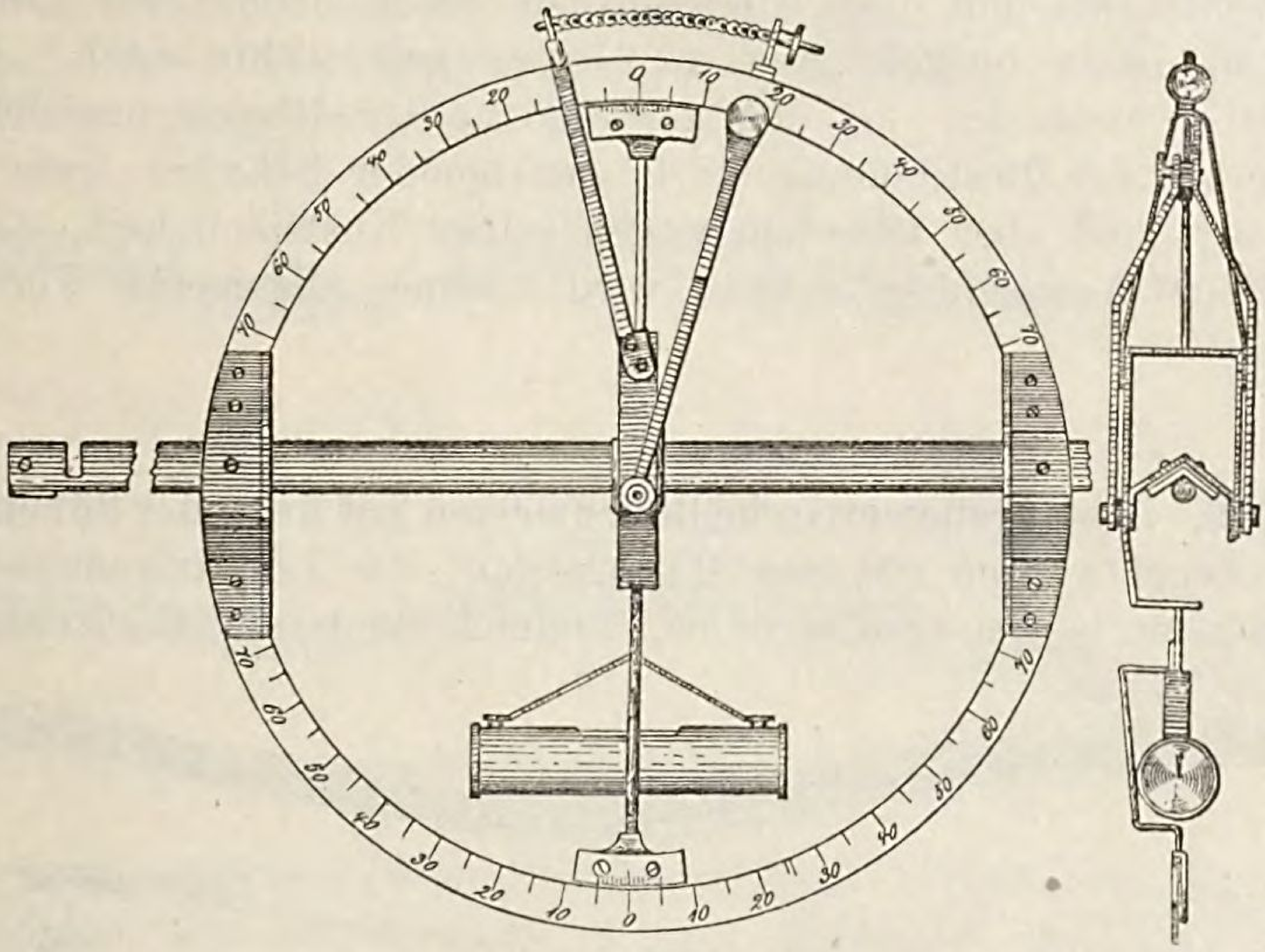


Fig. 229. Hängebogen von SCHNEIDER.

Das Hängeniveau wird mit dem einen eigentümlich geformten Haken über den Pfriemen, um welchen das obere Ende der Schnur ge-

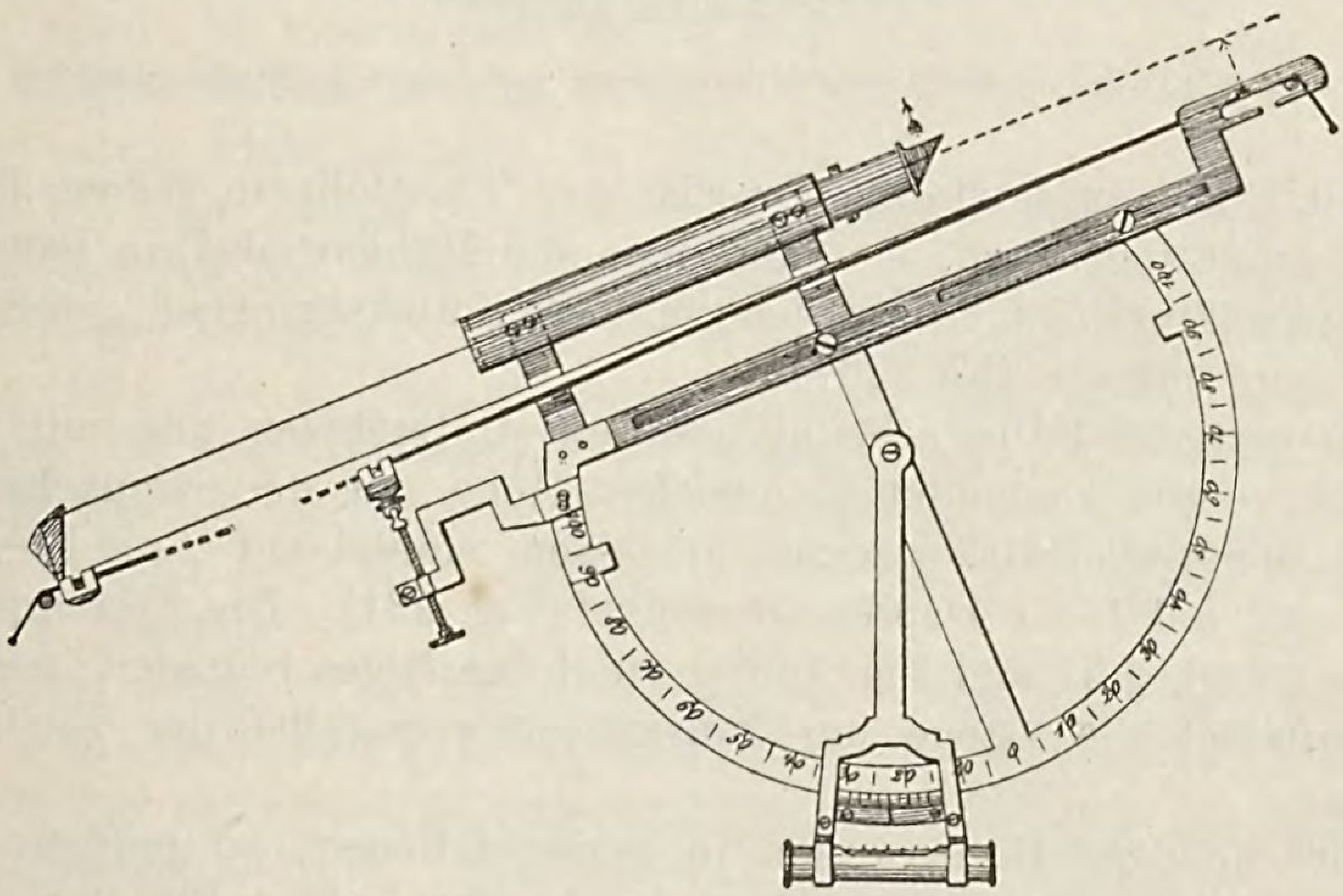


Fig. 230. Hängebogen von BORCHERS.

schlungen ist, und der andere mit einer Hebeschraube versehene Haken über die Schnur gehängt. Die Sehachse des kleinen am Apparat

sitzenden Fernrohres ist mit der Linie 90°—90° parallel. Mittels eines kleinen Reitersignals und der Hebeschraube wird die Achse des Fernrohres und mithin auch die Linie von 90°—90° genau parallel der Verbindungslinie der beiden Aufhängepunkte der Schnur gestellt.

Nivellements mit dem Hängeniveau geben denen mit Luftblasenwage und Latte ausgeführten an Genauigkeit nichts nach. Das Instrument vermag da, wo der gewöhnliche Gradbogen unsicher wird, nämlich bei der Bestimmung stark ansteigender Schnüre, gute Dienste zu leisten, wird aber trotzdem wegen seiner Kostspieligkeit, die durch die seltene Anwendung erhöht wird, keine allgemeine Verbreitung finden.

§ 109. Das trigonometrische Höhenmessen mit Hilfe des Höhenkreises. In der Regel werden mit dem Theodoliten, der zum trigonometrischen Höhenmessen in der Grube dient, zugleich auch die Horizontalwinkel

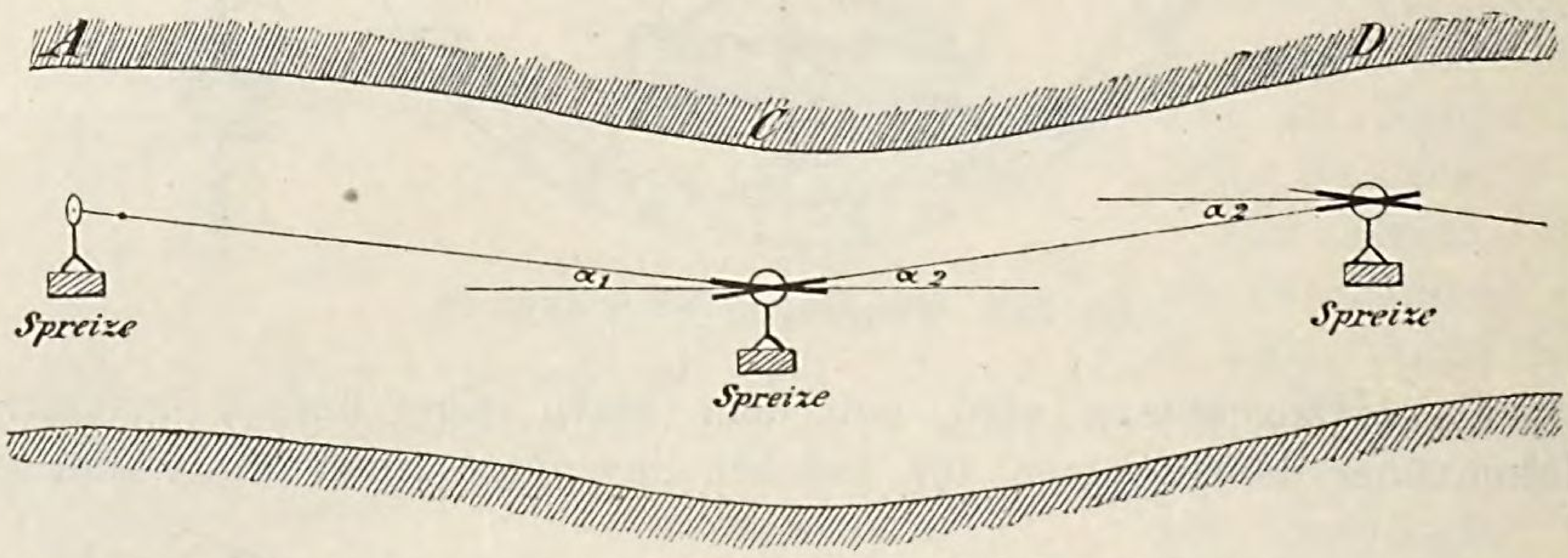


Fig. 231. Trigonometrisches Höhenmessen auf jedem Aufstellungspunkte.

ermittelt. Da zu letzterem Zwecke der Theodolit in jedem Polygonpunkte aufgestellt wird, so kann man die Höhenwinkel in jedem Aufstellungspunkte (Fig. 231) oder jedesmal einen überspringend „in Springstationen“ messen (Fig. 232).

Im ersteren Falle arbeitet man mit Untersätzen und mit solchen Signalen, deren Zielpunkt in gleicher Höhe mit der Kippachse liegt. Jeder Höhenwinkel wird zweimal gemessen, einmal auf *C* als Elevationswinkel und auf *D* als Depressionswinkel (Fig. 231). Die Freiberger Aufstellung (vergl. § 57 und Fig. 135) ist mit derartigen Signalen ausgerüstet und gestattet die Länge der Polygonseiten parallel der Ziellinie zu messen.

Mißt man die Höhenwinkel in Springstationen, so müssen in den Zwischenpunkten geeignete Signale vorhanden sein. Bei dem Messen mit verlorenen Punkten sind die Signale an den Untersätzen angebracht, bei dem Messen mit fixierten Punkten werden die Polygonpunkte auf die Sohle herabgelotet oder man benutzt eine Hängelatte. Ist diese

zum Ablesen eingerichtet, so wird immer derselbe Skalenpunkt angezielt, ist eine Zieltafel daran, so wird sie festgeklemmt.

Die Längen werden mit freischwebendem Bande parallel der Ziellinie gemessen. Die Polygonseiten des Theodolitzuges sind bei gleichzeitiger Benutzung des Höhenkreises gleich und nur so lang zu machen, daß sie mit einer Bandlänge gemessen werden können. Ein Meßband von 30 Meter Länge ist hierbei zweckmäßig.

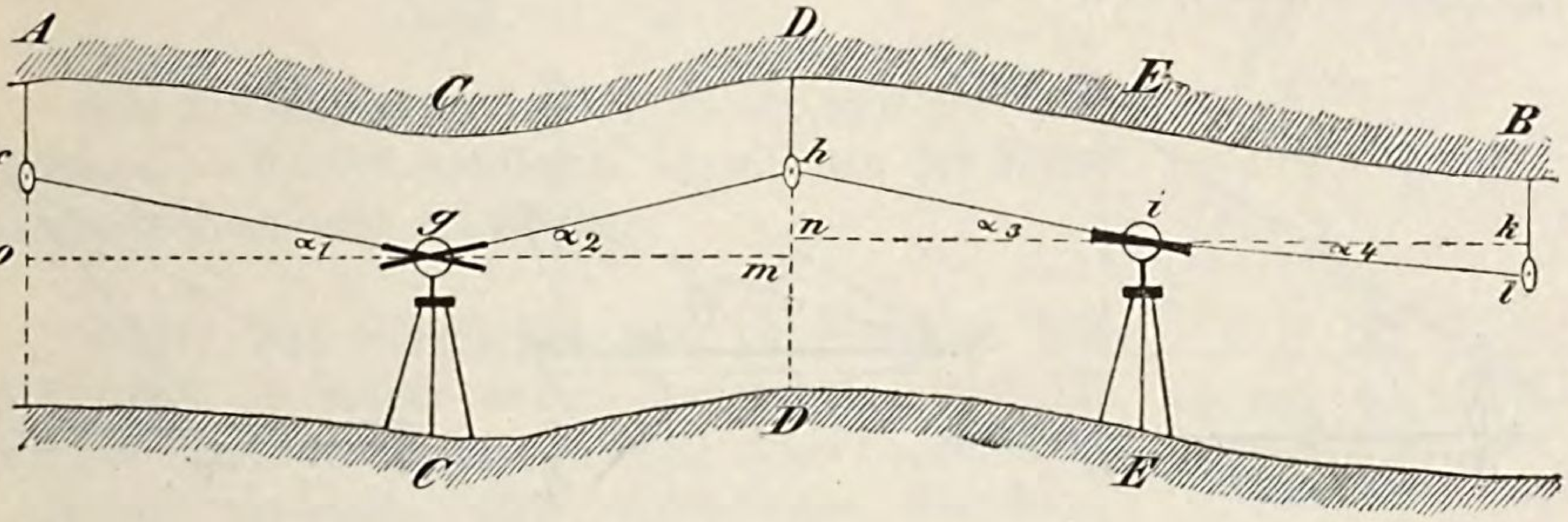


Fig. 232. Trigonometrisches Höhenmessen in Springstationen.

Man kann auch auf jedem Standpunkte des Theodoliten die Höhenwinkel messen und erhält dadurch zwei getrennte Nivellements mit Springstationen, die zur gegenseitigen Prüfung dienen können.

Werden die Polygonseiten länger genommen, so erzielt man bezüglich der Polygonmessung durch die verminderte Zahl der Aufstellungen des Theodoliten eine Zeitersparnis, aber die trigonometrische Höhenmessung verliert an Genauigkeit durch ungleiche und zu lange Seiten.

Die Längen können in diesem Falle nicht mehr mit einer Bandlänge und auch nicht parallel der Ziellinie gemessen werden. Man wird nach § 17 die Länge in einzelnen Abteilungen mit Benutzung von Schnur, Meßstäben und Gradbogen ermitteln und dann die Seigerteufen aus der söhligen Länge und der Tangente des Höhenwinkels berechnen. Oder man wird das in Fig. 31 erläuterte Verfahren anwenden. Der Höhenwinkel ist selbstverständlich in beiden Lagen des Fernrohres zu messen und auf die Horizontierung des Theodoliten ist die größte Sorgfalt zu verwenden. Die Röhrenlibelle an der Höhenkreisalhidade leistet hierbei gute Dienste.

Professor Schmidt hat durch sorgfältige Versuche festgestellt, daß durch die trigonometrische Höhenmessung in der Grube mit dem Theodolithöhenkreise bei sachkundiger und sorgfältiger Ausführung der Messung ein Genauigkeitsgrad von 1 : 20000 noch sicher zu erreichen ist.

§ 110. Das trigonometrische Höhenmessen über Tage wird dem Markscheider in seinem engeren Berufskreise nur selten vorkommen und

dann immer in solchen Aufgaben, die eine Berücksichtigung der Strahlenbrechung nicht erfordern.

Die einfachsten Fälle sind folgende:

1. Es soll die Höhe des Punktes P über dem Horizonte des Standpunktes S (Fig. 233) gefunden werden, wenn die Länge $SH = L$ bekannt ist. Aus dem gemessenen Höhenwinkel und der Länge L, sowie aus der Instrumentenhöhe J erhält man die Höhe über dem scheinbaren Horizont $PH = L \operatorname{tg} \alpha + J$.

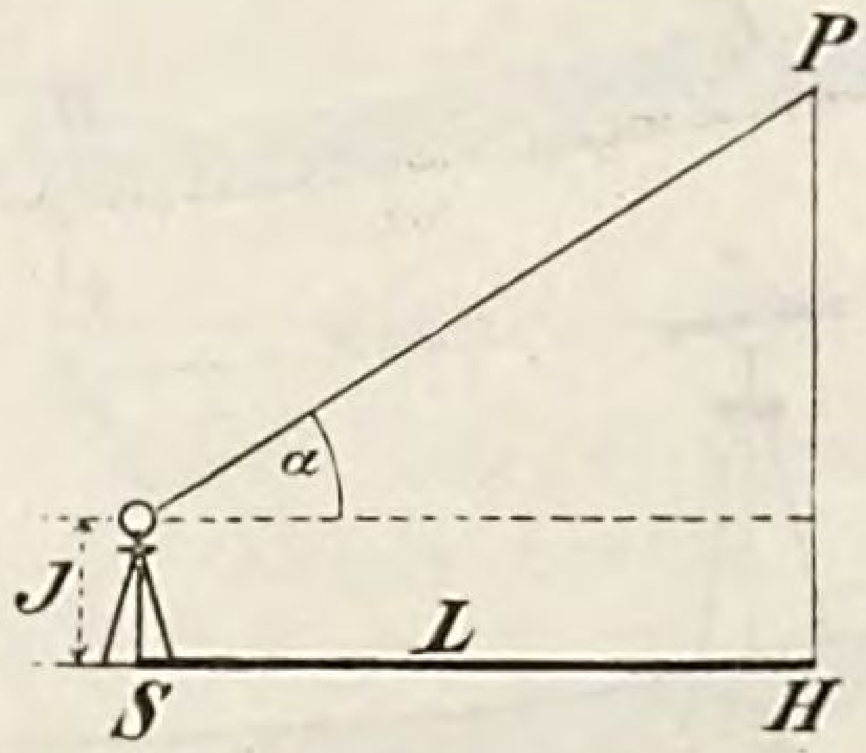


Fig. 233.

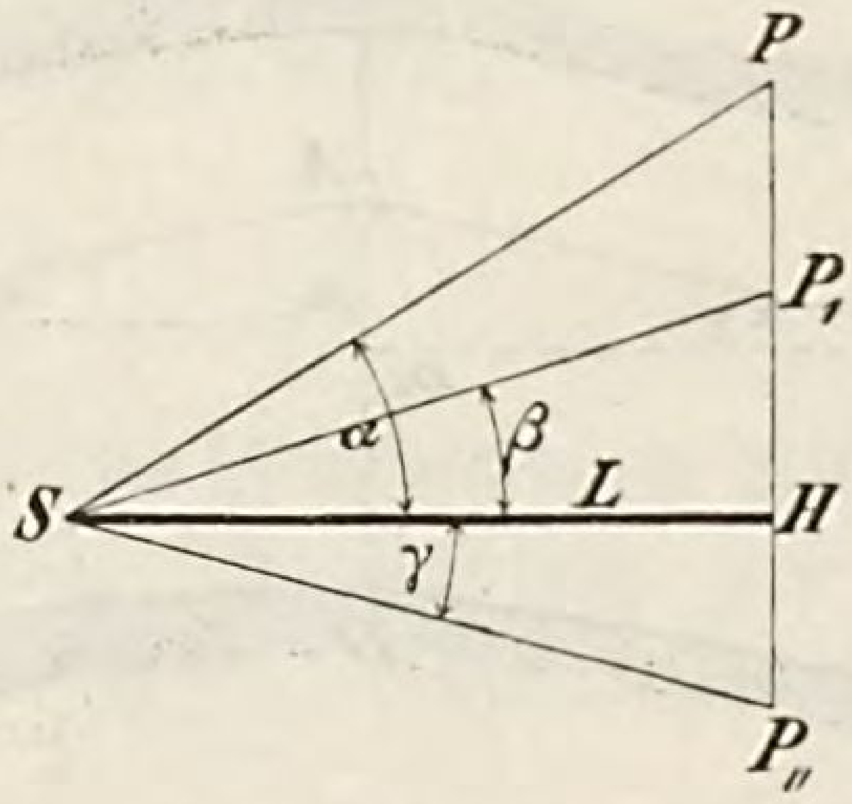


Fig. 234.

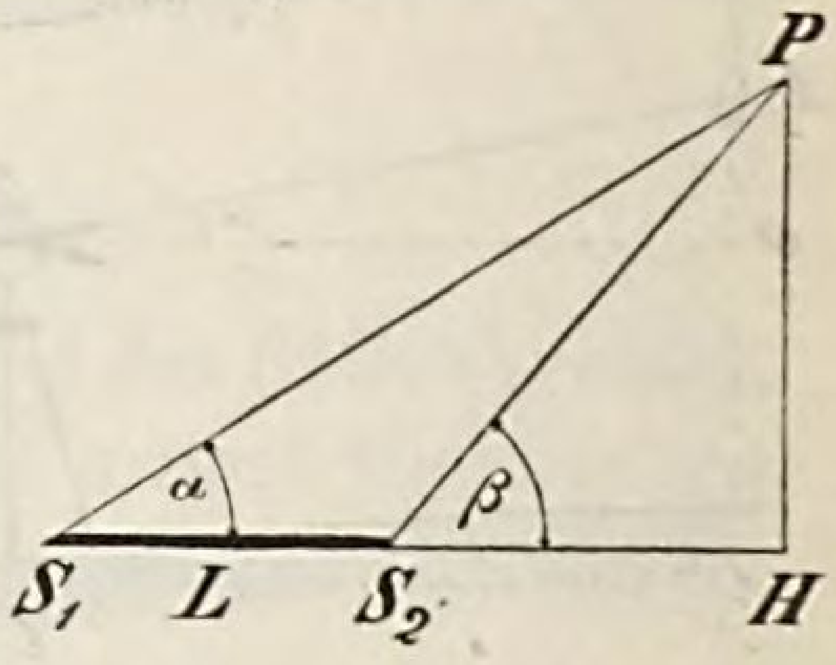


Fig. 235.

Trigonometrisches Höhenmessen über Tage.

Soll die Höhe über dem wirklichen Horizont von S angegeben werden, so ist noch die Depression für die Entfernung L zu ermitteln und zur berechneten Höhe zu addieren. PH steht streng genommen nicht senkrecht auf SH. Diese Abweichung kann vernachlässigt werden, da sie auf je 31 m erst eine Sekunde ausmacht.

2. Soll die senkrechte Höhe von PP' oder PP'' über S gefunden werden (Fig. 234), so berechnet man:

$$PP' = \frac{L \sin(\alpha - \beta)}{\cos \alpha \cos \beta} \text{ und } PP'' = \frac{L \sin(\alpha + \gamma)}{\cos \alpha \cos \gamma}.$$

3. Ist von der Linie $S_1 H$ nur das Stück $S_1 S_2$ gegeben, so mißt man die beiden Winkel α u. β (Fig. 235) und findet $PH = \frac{L \sin \alpha \sin \beta}{\sin(\beta - \alpha)}$.

Sind S_1 und S_2 nicht in demselben Horizonte, sondern steigt oder fällt die Linie von S_1 nach S_2 um einen Winkel γ, so berechnet sich die Höhe von P über dem scheinbaren Horizonte von S_1 zu:

$$\frac{L\,(1 \mp \operatorname{tg} \gamma \operatorname{cotg} \beta) \sin \alpha \sin \beta}{\sin(\beta - \alpha)}.$$

§ 111. Das trigonometrische Höhenmessen auf große Entfernungen gehört in das Gebiet der Geodäsie.

Der Vollständigkeit wegen soll hier nur folgendes Platz finden:

Zur Ermittelung der Höhe des Punktes P_2 (Fig. 236) über dem wirklichen Horizonte von P_1 wird der Theodolit in P_1 aufgestellt und der Punkt P_2 angezielt. Man erhält den Zenithwinkel Z. Dieser

Winkel bedarf noch einer Verbesserung durch die Winkelgröße x, um welche wegen der Strahlenbrechung der Zenithwinkel zu klein erhalten wurde. R ist gleich dem Erdradius. Der Bogen b ist bekannt und somit auch der Winkel C. Setzt man $x = k\,C$, so ist

$$h = \frac{b \cdot \cos\left(Z - \frac{1-2k}{2}\,C\right)}{\sin\left(Z - (1-k)\,C\right)}.$$

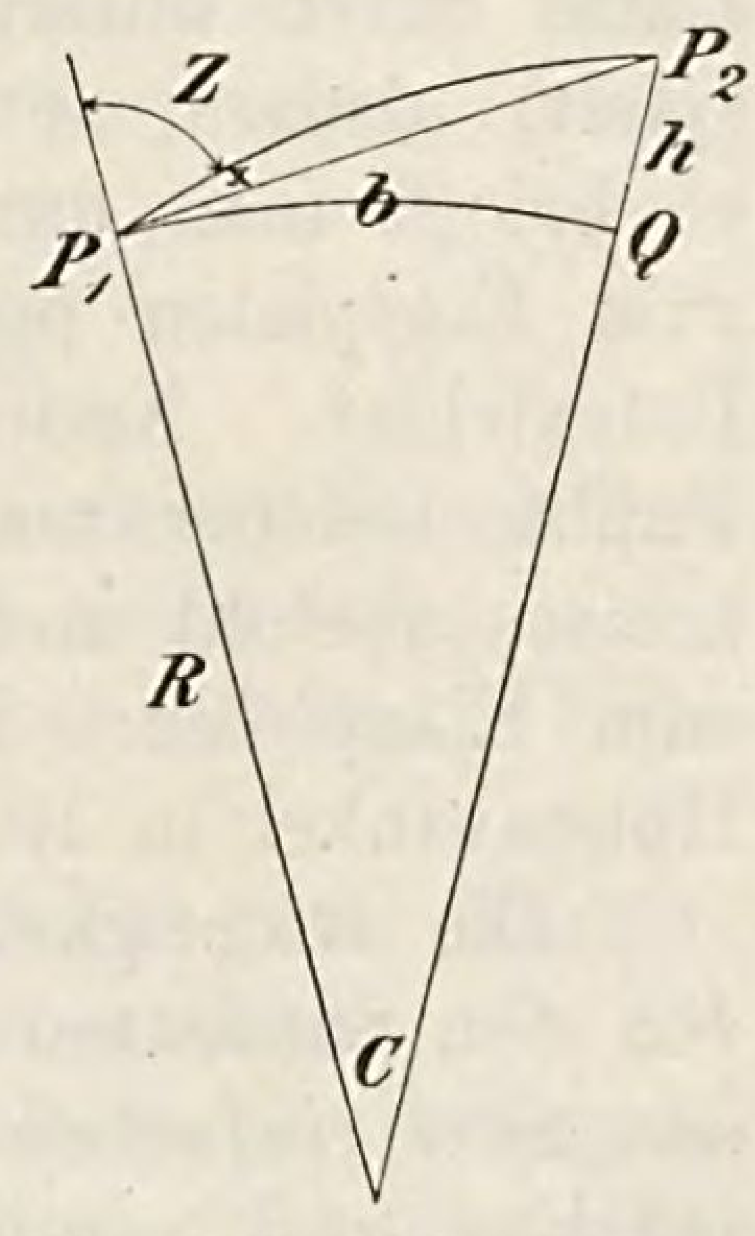


Fig. 236. Trigonom. Höhenmessen auf große Entfernungen.

Der Koeffizient k, den GAUSS für mittlere Verhältnisse $= 0{,}0653$ annimmt, ist je nach der Luftbeschaffenheit sehr schwankend.

§ 112. Das Setzniveau mit Latte. Das von WEISSBACH in seiner neuen Markscheidekunst II, S. 8 beschriebene Setzniveau kann unter Umständen, z. B. in niedrigen, steil einfallenden Strecken, dem Markscheider von Nutzen sein.

Es besteht aus einem Lineale (Fig. 237) mit einem darauf befestigten Quadranten, um dessen Mittelpunkt eine Regel drehbar ist, die mit einer Röhrenlibelle, mit einem Mikrometerwerk und mit einem Nonius versehen

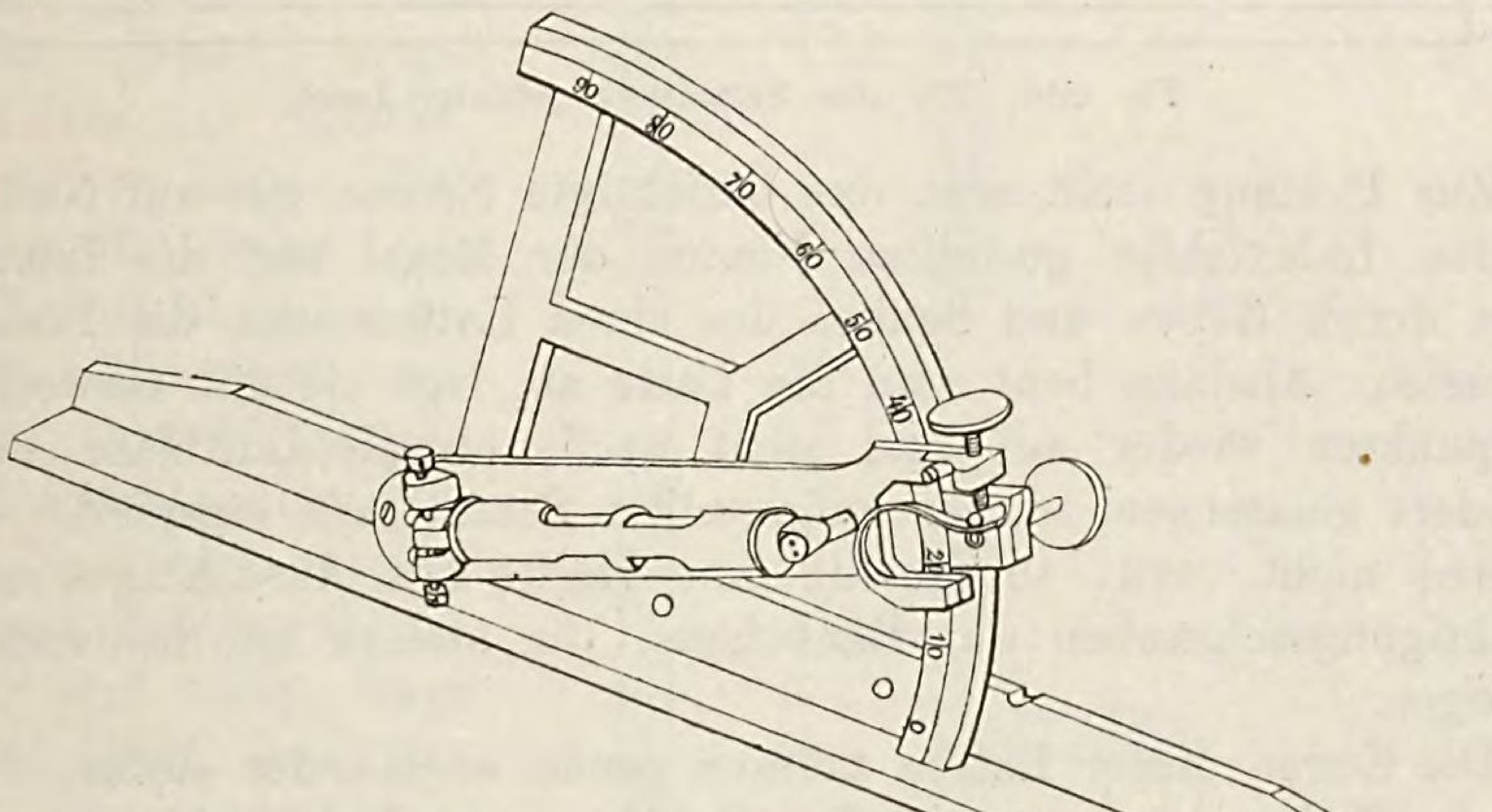


Fig. 237. Setzniveau.

ist. Man stellt beim Gebrauch das Setzniveau auf eine Meßlatte und dreht die Regel, bis die Libelle einspielt. Der Nonius giebt dann den gesuchten Neigungswinkel der Latte unmittelbar an.

Ein solches Instrument ist vor allem darauf zu prüfen, ob der Nonius auf Null zeigt, wenn es auf einer horizontalen Ebene steht.

Zu diesem Zwecke stellt man das Niveau mit dem auf Null gebrachten Nonius der Regel auf die Latte und hebt das eine Ende der Latte durch untergeschobene Keile so lange, bis die Blase genau einspielt, alsdann setzt man das Instrument um. Schlägt die Blase aus, so bringt man durch die Stellschraube am Nonius die Libelle wieder zum Einspielen und dann zeigt der Nonius der Regel den doppelten Indexfehler. Nunmehr stellt man den Nullpunkt der Regel auf den Punkt, welcher um den einfachen Indexfehler vom Nullpunkt des Teilkreises absteht und bringt die Libelle durch die Berichtigungsschrauben zum Einspielen. Der so ermittelte Indexfehler ist beim Ablesen der Höhenwinkel in Rechnung zu ziehen.

Die Richtigkeit der Arbeit mit dem Setzniveau hängt auch noch von den Setzlatten ab, deren man stets zwei nötig hat. Man fertigt sie aus zwei einfachen, im Querschnitt ein umgekehrtes T bildenden Holzstücken und versieht sie mit zwei kleinen stählernen Bänkchen NN (Fig. 238) zum Aufsetzen des Niveaus, von denen das eine zum Heben und Senken eingerichtet ist. Die durch die Oberfläche der Bänkchen gebildete Linie muß parallel derjenigen Linie sein, welche durch die beiden Auflegepunkte der Latte geht.

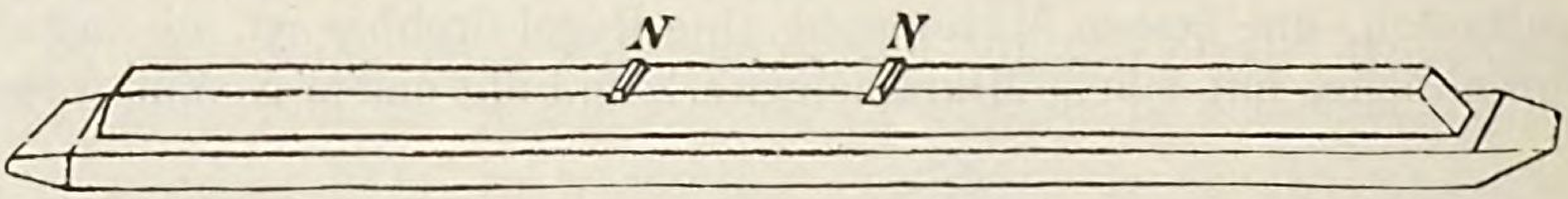


Fig. 238. Die zum Setzniveau gehörige Latte.

Zur Prüfung stellt man das berichtigte Niveau mit auf Null bezw. auf den Indexfehler gestellten Nonius der Regel auf die Latte und bringt durch Heben und Senken des einen Lattenendes die Blase zum Einspielen. Alsdann hebt man die Latte ab, legt sie mit verwechselten Stützpunkten wieder auf und sieht nach, ob die Luftblase des unverändert gelassenen, wieder aufgestellten Setzniveaus einspielt. Findet letzteres nicht statt, so ist die eine Hälfte des Ausschlages an den Berichtigungsschrauben des Bänkchens, die andere am Lattenende zu beseitigen.

Die Enden dieser Latten müssen genau aneinander stoßen, deshalb sind die Enden mit zugeschärften Schuhen aus Stahl bekleidet. Jeder der Schuhe ist durchlocht, zum Einstecken von Bohrer oder Schrauben, die zur Befestigung der Latte auf der Unterlage dienen. Bei unebener Sohle ist jede Setzlatte durch untergelegte Holzstücke zu unterstützen und so lange festzuhalten, bis die folgende an sie herangeschoben ist.

Bei Anwendung des Setzniveaus muß die Ebene der Teilung senkrecht stehen. Da diese Lage nur von den verhältnismäßig schmalen Grundflächen des Lineals und den Querbänkchen der Latte abhängt, so ist eine in der Figur nicht angegebene Libelle anzubringen, die rechtwinkelig zur Längsachse des Lineals steht.

Die Berechnung der Seigerteufe T und der Sohle S der beiden Endpunkte gestaltet sich sehr einfach, wenn man Tabellen besitzt, aus denen die trigonometrischen Zahlen entnommen werden können. Ist l gleich einer Lattenlänge, so ist

$$T = l(\sin\alpha_1 + \sin\alpha_2 + \sin\alpha_3 + \sin\alpha_4 + \ldots)$$
$$S = l(\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2 + \cos\alpha_3 + \cos\alpha_4 + \ldots)$$

§ 113. **Das Messen von Schachttiefen.** Mit markscheiderischen Nivellements ist häufig ein Messen von Schachttiefen verbunden.

Man unterscheidet zwei verschiedene Arten dieser Messung: eine mittelbare und eine unmittelbare.

Die mittelbare Messung wird an einem eingehängten Draht oder am Förderseil und mittels eines Meßrades ausgeführt.

Das Messen mit Hilfe eines Drahtes geschieht allgemein in folgender Weise: Von einem kleinen Haspel mit Sperrvorrichtung, in passender Entfernung vom Schachte aufgestellt, wird der Klaviersaitendraht abgewickelt und über eine leicht bewegliche Scheibe gelegt, die oberhalb der Hängebank so angebracht ist, daß der durch ein Gewicht (5—10 kg) beschwerte Draht ungehindert bis zur Schachtsohle sinken kann. Der Draht muß einige Zeit (eine Nacht) hängen, bis er sich vollkommen ausgelängt hat. Sodann werden Anfangs- und Endpunkt der Tiefenmessung, die durch Zeichen in der Grube und über Tage markiert sind, auf den Draht übertragen und durch umgeschlungene Zwirnsfäden bezeichnet.

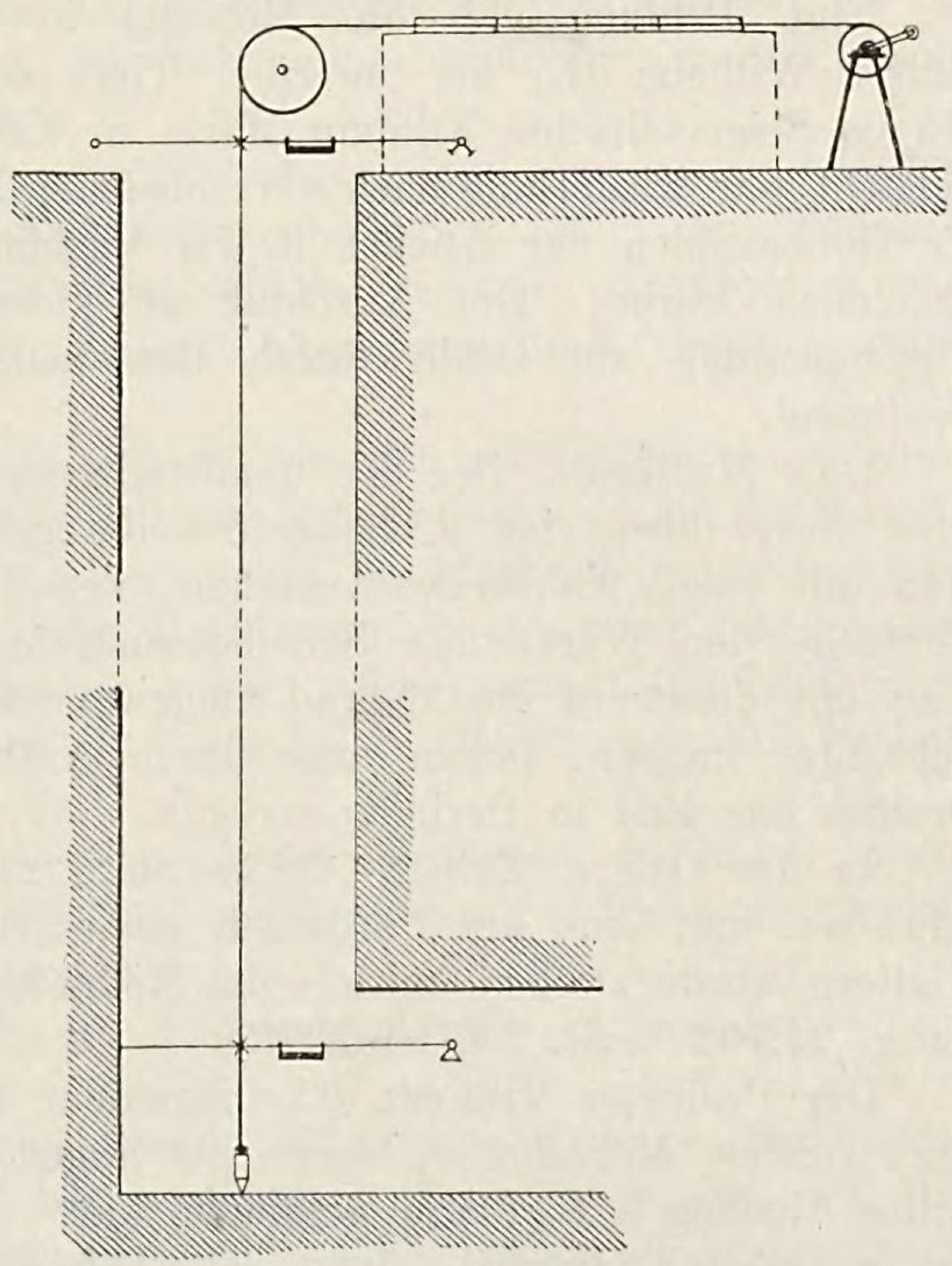


Fig. 239. Mittelbares Messen von Schachttiefen.

Man mißt die Tiefe beim Aufholen und beim Einlassen des Drahtes und zwar entweder am horizontalen Teile (Fig. 239) zwischen Leitwelle und Haspel, oder am senkrechten Teile nahe an der Hängebank. Im ersten Falle wird ein Maßgestänge horizontal auf einer Unterlage so befestigt, daß der Draht daneben hingezogen wird.

Im zweiten Falle wird ein 20—30 m langes Maßgestänge (Fig. 240) an derHängebank des Schachtes dicht neben dem Drahte aufgehängt. Das Bezeichnen des jedesmaligen Endes des Maßgestänges erfolgt durch umgeschlungene angefeuchtete Zwirnsfäden, die an dem stets etwas angerosteten Draht ganz fest sitzen. Bei senkrecht hängendem Maßgestänge steht ein Mann an der Hängebank, ein zweiter um die Länge der Gestänges tiefer auf der Förderschale.

Die Ausdehnung des Drahtes durch das eigene und das Lotgewicht hat keinen schädlichen Einfluß auf die Richtigkeit der Messung, weil der Draht an jeder Stelle in dem gedehnten Zustande gemessen wird, in dem er sich von Anfang an befand. Ein nachträgliches Längen des Drahtes während der Messung darf nicht eintreten.

Das Messen am Draht mit senkrecht hängendem Maßgestänge wird auf dem Oberharze bei dem Messen der tiefen Seigerschächte ausschließlich angewendet und die Ergebnisse sind als sehr gut zu bezeichnen.

Eine Prüfung gab die Messung in dem neuen Seigerschachte Kaiser Wilhelm II., der in einer Tiefe von ca. 600 Meter mit dem älteren Seigerschachte Königin Marie in Verbindung steht. Der ältere Schacht war wiederholt nach verschiedenen Methoden gemessen, so daß die Höhenzahlen der Zeichen in der Verbindungsstrecke als sicher anzunehmen waren. Der Anschluß an diese Zeichen auf Grund der Tiefenmessung am Draht durch den neuen Schacht war sehr befriedigend.

Das Meßrad. Bei der unmittelbaren Schachtmessung am Draht wird dieser über eine drehbare Scheibe geleitet. Diese Scheibe kann man mit einem Zählwerke versehen, den Umfang einteilen und durch Versuche den Wert einer Scheibenumdrehung ermitteln. Dann kann man mit dieser in ein Meßrad umgewandelten Scheibe die Tiefe eines Schachtes messen, indem man durch Aufholen des darüber gelegten Drahtes das Rad in Drehung versetzt.

In der Österr. Zeitschr. 1873 Seite 210 ist ein solches Rad beschrieben und eine am Förderseil gemessene Schachttiefe von 21,763 Klaftern wurde zweimal mittels des Meßrades ermittelt. Die Ergebnisse waren 21,762 bezw. 21,764 Klafter.

Der Professor Viertel (Civilingenieur 1878 S. 604) bediente sich einer solchen Meßscheibe, deren gut abgedrehter und in 100 Teile geteilter Umfang = 1,1748 m gefunden war. Mit Hilfe dieses Meßrades hat er selbst bei großen Tiefen sehr befriedigende Ergebnisse erhalten.

§ 114. Das unmittelbare Messen von Schächten. Zum unmittelbaren Messen der Seigerschächte wendet man das stählerne Meßband, zu dem der tonnlägigen Schächte ein stählernes Maßgestänge an.

Das Messen mit dem Meßbande geschieht an der Schachtleitung des

Förderkorbes entlang oder, wenn diese nicht erreichbar ist, im Fahrschachte an der Schachtzimmerung.

In der Berg- und Hüttenm. Z. 1883 Nr. 1 ist ein Verfahren mitgeteilt, das sich zwar sehr gut bewährt hat, aber auch nicht ohne Gefahr ist.

In angemessener Höhe über dem Schutzdache des Förderkorbes ist ein Stuhl mit Schienen und Laschen derartig am Förderseil befestigt, daß ein Arbeiter darin sitzen und das obere Ende des Meßbandes an die Leitung anlegen kann. Auf dem Schutzdache steht der Markscheider, welcher das untere Ende des Meßbandes führt, und ein zweiter Arbeiter, dem die Zeichen zum Aufholen und Niederlassen des Korbes zu geben obliegt.

Auf diese Weise wurde, nachdem alle Vorbereitungen getroffen waren, ein Schacht von 535 Meter Tiefe in 6 Stunden dreimal gemessen, wobei außerdem noch die Höhen von acht im Schachte übereinander liegenden Sohlenzeichen bestimmt sind.

Muß die Messung durch den Fahrschacht geführt werden, so sind alle Hindernisse zu beseitigen, die Bühnen zu durchbohren u. s. w., damit das Meßband ganz frei hängt.

Zuweilen ist es nicht möglich, den Schacht in einer Linie zu messen. Man wird in diesem Falle a b s e t z e n, d. h. den Endpunkt einer Bandlänge mittels der Hängelibelle oder des Gradbogens nach einem günstiger gelegenen Punkte übertragen und von da weiter messen.

Das bei jeder Bandlänge sich wiederholende Bezeichnen des Endes wird sich nach den jedesmaligen Verhältnissen richten. Ist die Schachtleitung leicht zu erreichen, so genügt ein feiner Strich mit dem Federmesser oder man benutzt starke Drahtnägel von gleichem Durchmesser, deren Dicke meistens mitgemessen wird. In diesem Falle ist für jede Bandlänge der Durchmesser des Nagels in Abrechnung zu bringen. (Vergl. Seite 33 Figg. 33 u. 34.)

Zum Schachtmessen werden die gewöhnlichen 20 Meter langen Stahlbänder, aber in neuerer Zeit auch solche von ganz bedeutender Länge (100—200 Meter) benutzt.

Hiermit wächst jedoch die Schwierigkeit die w a h r e L ä n g e des Bandes genau festzustelleu.

Ein gewöhnliches kurzes Band läßt sich auf einer horizontalen Unterlage ausspannen und bei bestimmter Temperatur und mit Hilfe einer eingeschalteten Federwage auch bei bestimmter Spannung genau messen. Die Messung kann auch ohne zu große Schwierigkeiten an dem hängenden und mit einem, der Spannung entsprechenden, Gewichte beschwerten Bande nochmals wiederholt werden. Einem mehrere hundert Meter langen Bande läßt sich wegen der Reibung auf einer horizontalen Unterlage mit Sicherheit nicht dieselbe Spannung geben, die beim

Hängen durch das eigene Gewicht herbeigeführt wird, und das genaue Messen des langen hängenden Bandes ist sehr mühevoll, wenn nicht ganz unausführbar.

Eine Längenprüfung des Meßbandes ist aber durchaus notwendig.

Selbstverständlich sind beim Messen mit Stahlbändern die Temperaturverschiedenheiten gebührend zu berücksichtigen.

Das Borcherssche Maßgestänge. Zum Messen der tonnlägigen Schächte dient das von Borchers konstruierte Maßgestänge. Es besteht aus einer Anzahl von runden Stäben aus Stahldraht von 4—6 mm Durchmesser und von 1 m Länge. Die Enden sind mit Schrauben-

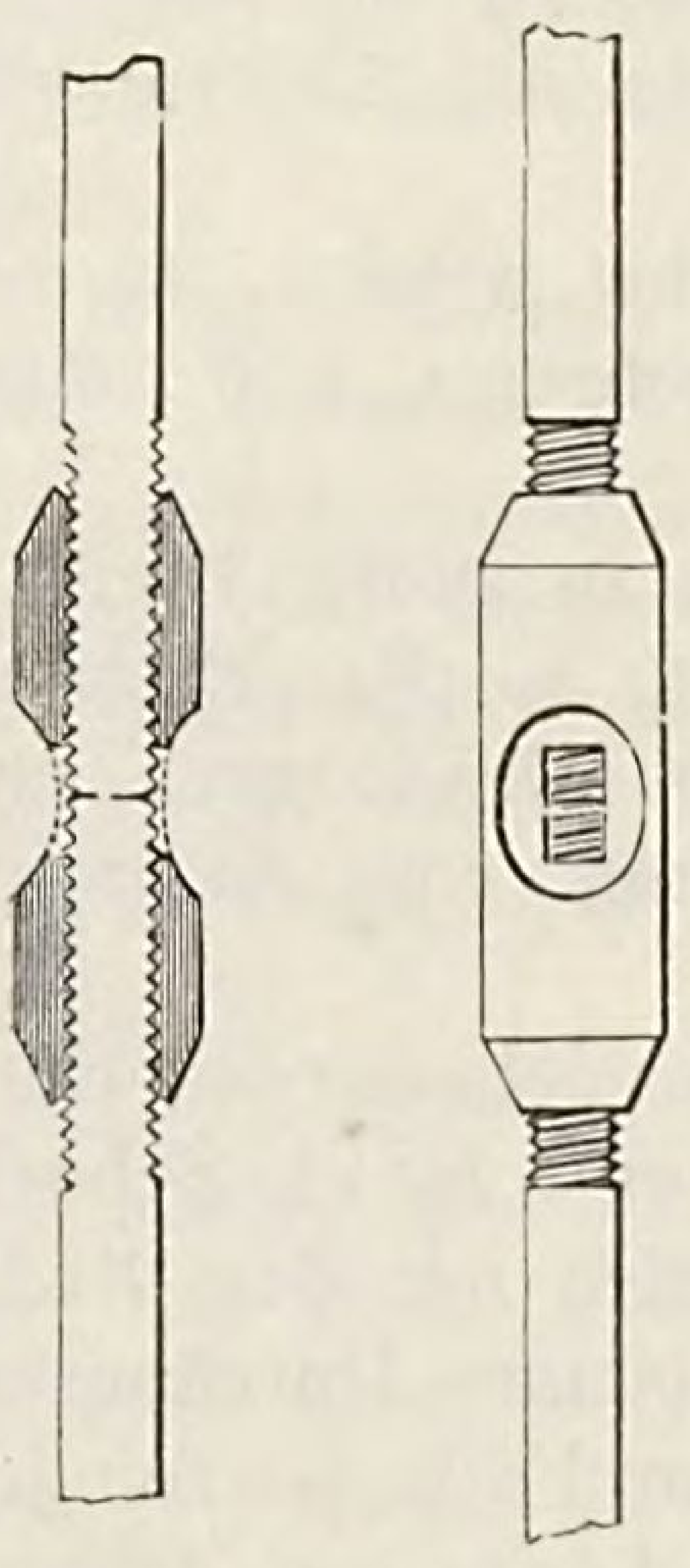


Fig. 240. Maßgestänge von Borchers.

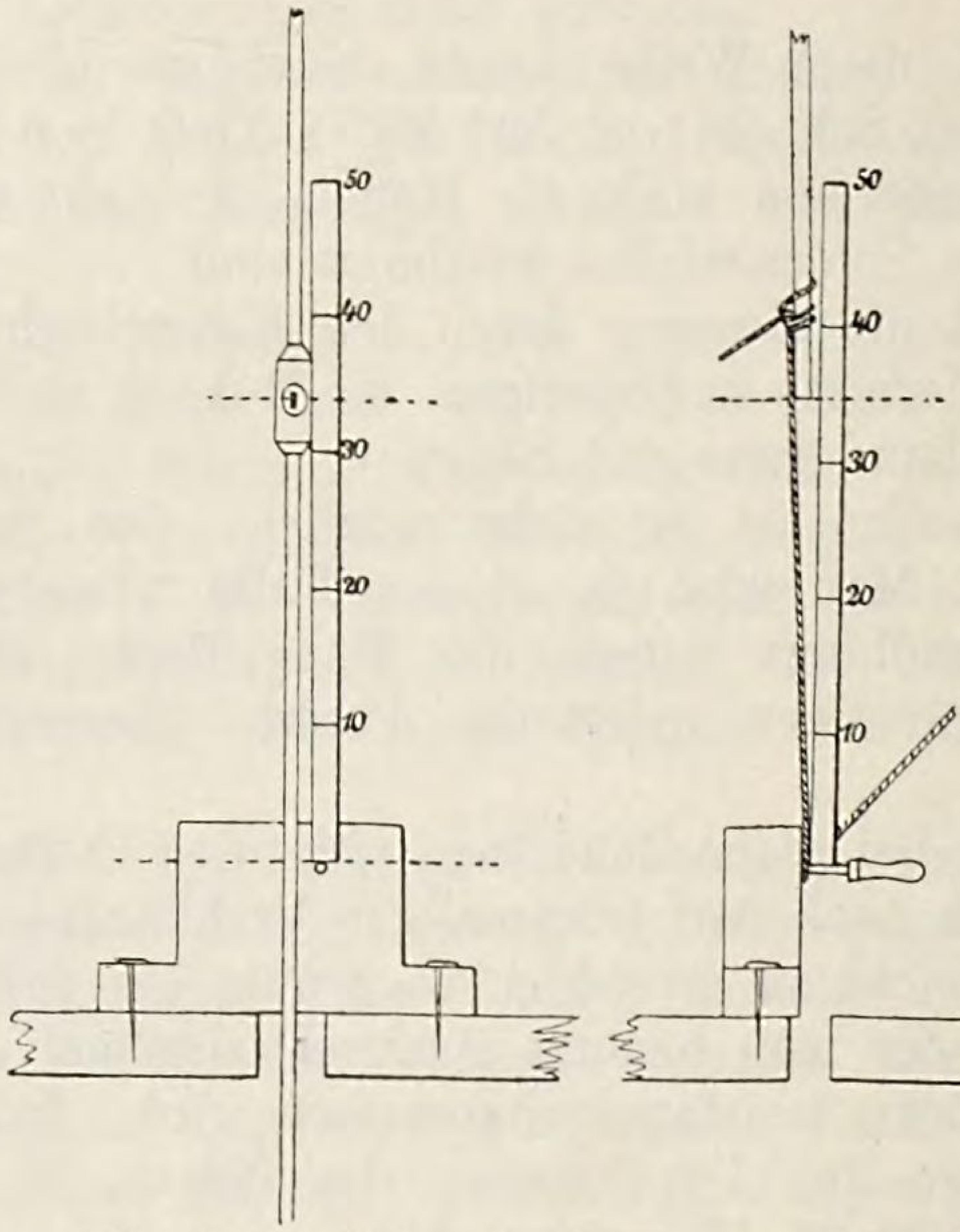


Fig. 241 u. 242. Das Messen von Reststücken.

gewinden versehen und lassen sich mittels kleiner messingener Schraubenmuffen verbinden. Auf diese Weise kann ein Maßgestänge von beliebiger Länge hergestellt werden. Die geraden Endflächen der einzelnen Stäbe müssen genau rechtwinkelig zur Längenachse stehen und die Muffen (Fig. 240) sind an zwei gegenüberstehenden Seiten soweit ausgefeilt, daß man das Zusammenstoßen der Endflächen zweier Stäbe sehen kann. Der erste Stab ist mit einem Haken versehen, von dessen innerer Peripherie die Zählung angeht.

Vor Beginn der Messung sind zum Durchlassen des Gestänges die notwendigen Öffnungen zu schaffen.

Die Aufhängepunkte des Gestänges wird man so bequem wie möglich wählen, d. h. nahe über einer Bühne, und so herstellen, wie

die Figg. 241 u. 242 zeigen, aus denen zugleich zu ersehen ist, wie etwaige Reststücke gemessen werden. Das Maßgestänge hängt sich vermöge seines Gewichtes von selbst senkrecht.

Das wegen des häufigeren Absetzens notwendige Verlängern und

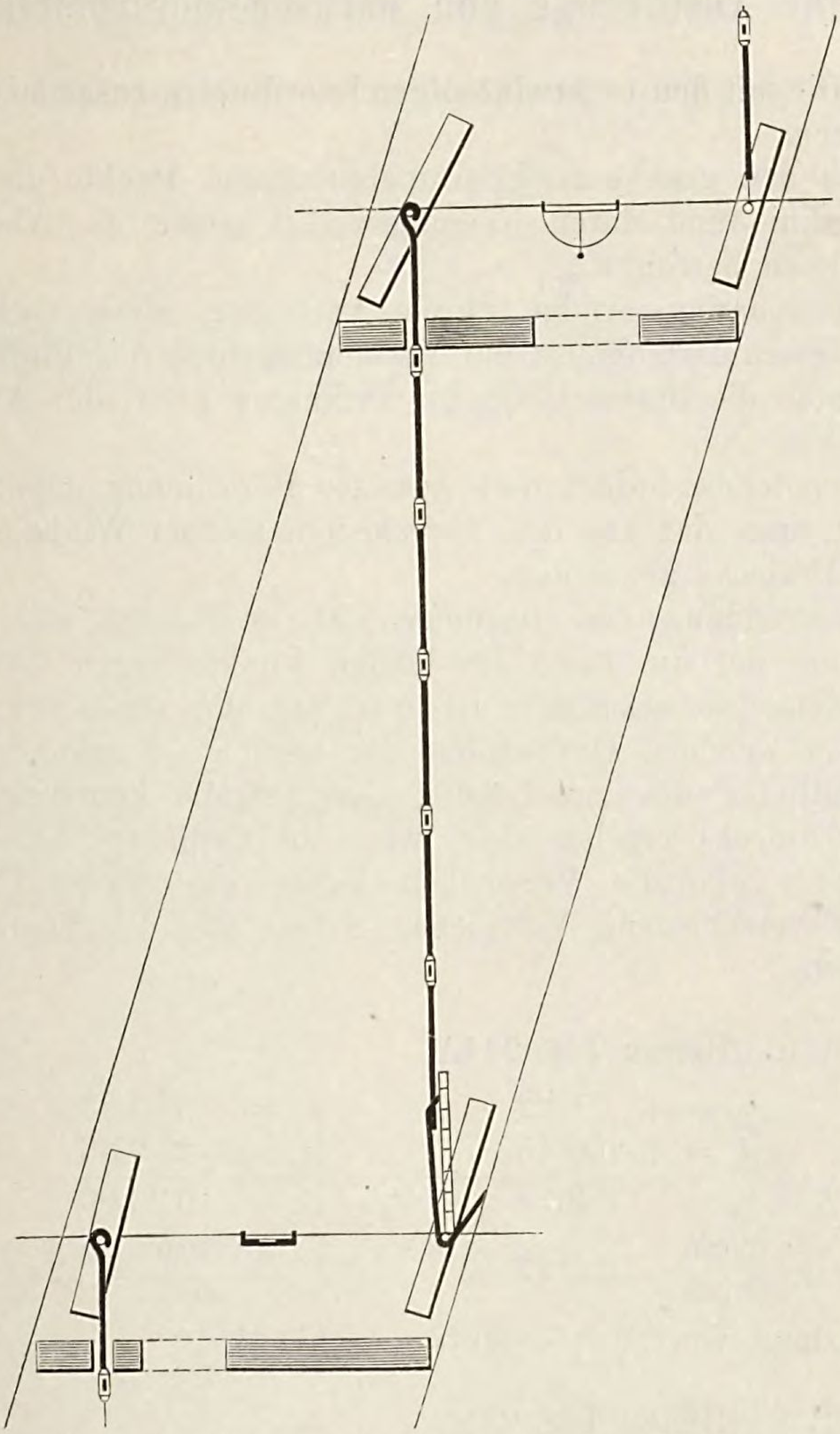


Fig. 243. Das Messen tonnlägiger Schächte mittels des BORCHERSschen Maßgestänges.

Verkürzen des Gestänges kann leicht durch An- und Abschrauben der einzelnen Stäbe erreicht werden.

Das ganze Meßverfahren ist aus Fig. 243 zu ersehen. Bei Benutzung des Maßgestänges ist die Einwirkung der Temperatur zu berücksichtigen.

Achtes Kapitel.

Die Ausführung von Markscheiderarbeiten.

§ 115. Die mit den rechtwinkeligen Koordinaten zusammenhängenden Berechnungen.

1. Aus den gegebenen Koordinaten zweier Punkte die Länge der Verbindungslinie und deren Neigungswinkel gegen die Abszissenachse (das Azimut) zu berechnen.

Die Berechnung erfolgt durch Auflösung eines rechtwinkeligen Dreiecks, dessen Hypotenuse die Verbindungslinie der Punkte ist, und deren Katheten die Unterschiede der Ordinaten bezw. der Abszissen der beiden Punkte sind.

Die Hypotenuse erhält man aus der Berechnung unmittelbar, das Azimut hat man sich aus den berechneten spitzen Winkeln des rechtwinkeligen Dreiecks abzuleiten.

Zur Vermeidung von Irrtümern ist es ratsam eine Skizze zu zeichnen, aus der die Lage der beiden Punkte gegen die Abszissen- und Ordinatenachse erkennbar ist und aus der ohne weiteres zu ersehen ist, in welchem Quadranten der gesuchte Neigungswinkel liegt. Die Katheten des zur Lösung der Aufgabe konstruierten rechtwinkeligen Dreiecks ergeben sich, wenn die Ordinaten bezw. Abszissen beider Punkte gleiche Vorzeichen haben aus ihrem Unterschiede, wenn beide verschiedene Vorzeichen haben aus der Summe der absoluten Werte.

Beispiel 1. (Hierzu Fig. 244.)

$$\begin{aligned} y_1 &= +\ \ 11{,}22 \qquad & x_1 &= +\ 130{,}33 \\ y_2 &= +\ 200{,}45 \qquad & x_2 &= +\ 250{,}33 \\ \hline y_2 - y_1 &= \ \ 189{,}23 \qquad & x_2 - x_1 &= \ \ 120{,}00 \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg} x = \frac{120{,}00}{189{,}23} = 32^0\,22'\,50'' \qquad P_1 P_2 = \frac{120{,}0}{\sin x} = 224{,}07\,.$$

Das Azimut von $P_1 P_2 = 90^0 - x = 57^0\,37'\,10''$.

Beispiel 2. (Hierzu Fig. 245.)

$$\begin{aligned} y_1 &= +\ \ 11{,}22 \qquad & x_1 &= +\ 130{,}33 \\ y_3 &= +\ 200{,}45 \qquad & x_3 &= +\ \ 10{,}33 \\ \hline y_3 - y_1 &= \ \ 189{,}23 \qquad & x_1 - x_3 &= \ \ 120{,}00\,. \end{aligned}$$

Man erhält dasselbe rechtwinkelige Dreieck wie im Beispiel 1, und aus der Berechnung auch dieselben Werte für die Hypotenuse und den spitzen Winkel x_1, aber das Azimut ist hier $90^0 + x_1 = 122^0\,22'\,50''$.

Beispiel 3.

$$y_1 = -\ 11{,}22 \qquad x_1 = -\ 60$$
$$y_2 = +\ 200{,}45 \qquad x_2 = +\ 60$$
$$y_1 + y_2 = \ 211{,}67 \qquad x_1 + x_2 = \ 120.$$

Die weitere Berechnung wie im Beispiel 1.

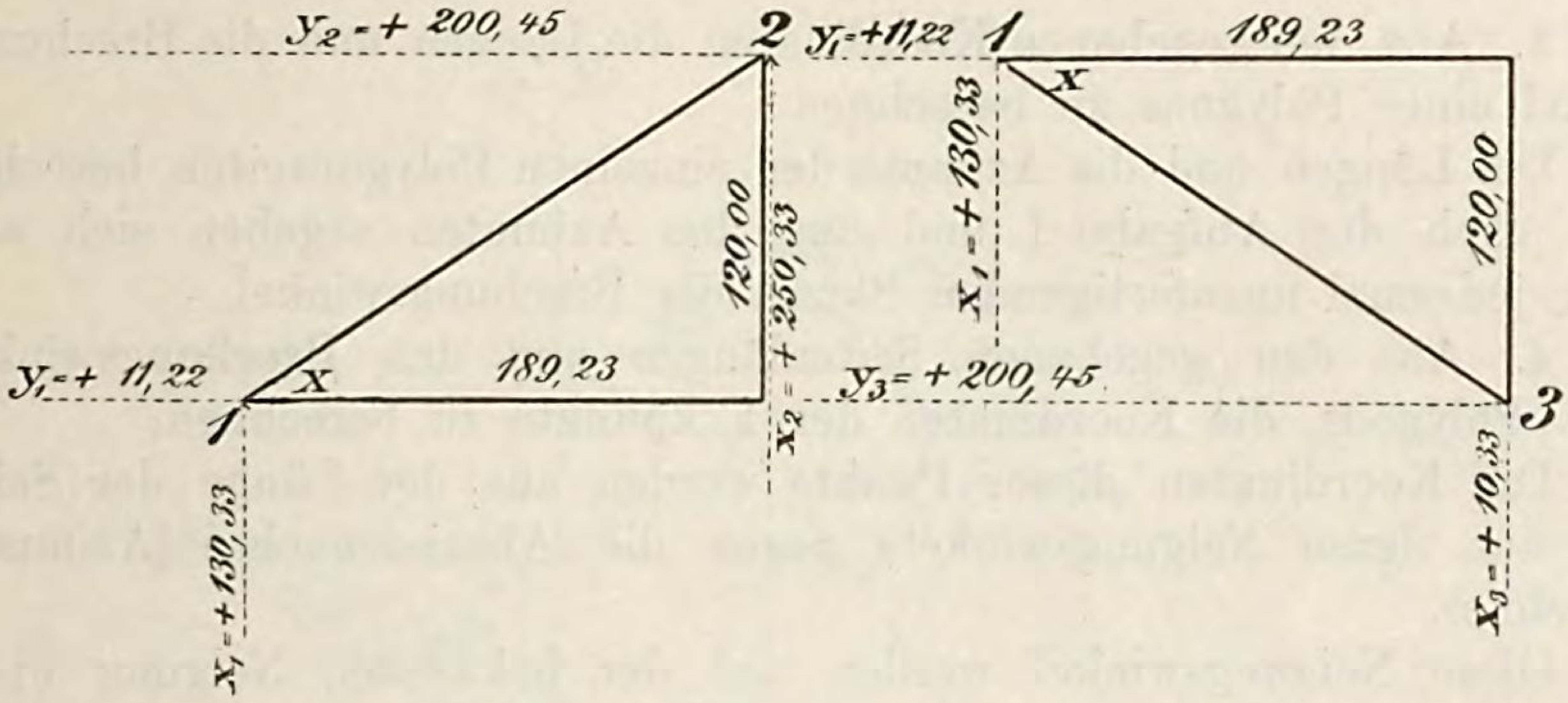


Fig. 244. Fig. 245.

Berechnung der Verbindungslinie und des Azimutes derselben aus den Koordinaten zweier Punkte.

2. Die Koordinaten eines Punktes, die auf ein (älteres) System bezogen sind, auf ein anderes (neues) zu berechnen.

Hierzu müssen die Koordinaten des alten Systems a u. b in bezug auf das neue System, sowie der Neigungswinkel α der beiden Abszissenachsen bekannt sein.

Man kann mehrere Fälle unterscheiden nach der gegenseitigen Lage der beiden Koordinatensysteme, zu denen die sich nur durch die Vorzeichen von einander unterscheidenden Umwandlungsformeln aber sämtlich auf eine der nachstehenden ähnliche Weise entwickelt werden.

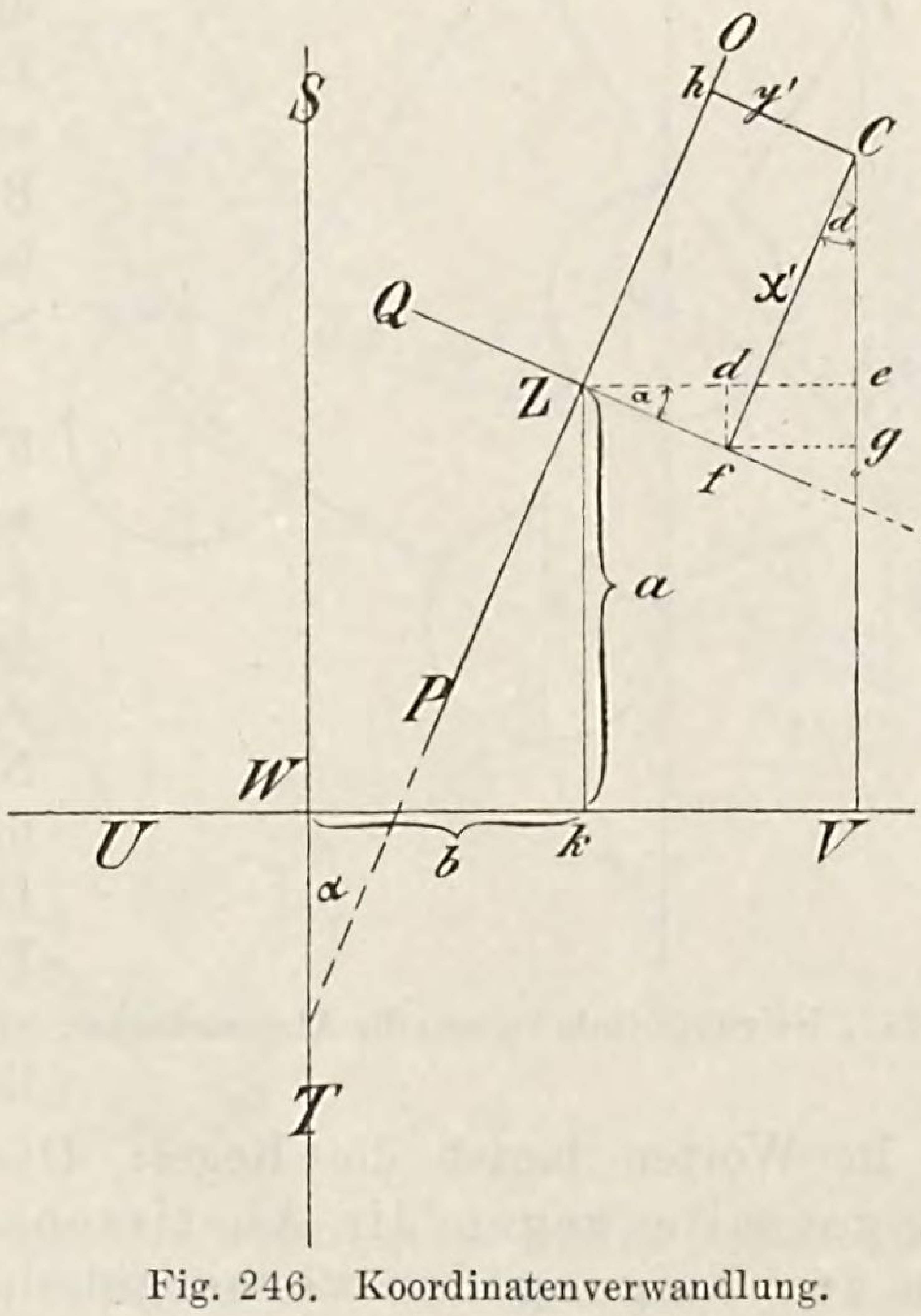


Fig. 246. Koordinatenverwandlung.

In Fig. 246 sind $Cf = x'$ und $Ch = y'$ die Koordinaten des Punktes C in bezug auf das alte System OP und QR, es sollen die Koordinaten dieses Punktes $VC = x$ und $WV = y$ in bezug auf das neue Koordinatensystem ST, UV

berechnet werden. Gegeben sind der Winkel α und die Koordinaten des Anfangspunktes $Z = a$ und b.

Zieht man Ze und $fg \perp VC$ und $fd \perp Ze$,

so ist $x = VC = Ve + Cg - eg = a + x_1 \cos\alpha - y_1 \sin\alpha$

und $y = WV = Wk + kV = Wk + Zd + de = b + y_1 \cos\alpha + x_1 \sin\alpha$.

3. Aus den gegebenen Koordinaten die Längen und die Brechungswinkel eines Polygons zu berechnen.

Die Längen und die Azimute der einzelnen Polygonseiten berechnet man nach der Aufgabe 1 und aus den Azimuten ergeben sich nach einer jedesmal anzufertigenden Skizze die Brechungswinkel.

4. Aus den gegebenen Seitenlängen und den Brechungswinkeln eines Polygons, die Koordinaten der Eckpunkte zu berechnen.

Die Koordinaten dieser Punkte werden aus der Länge der Seiten und aus deren Neigungswinkeln gegen die Abszissenachse (Azimuten) berechnet.

Diese Neigungswinkel werden aus der bekannten Neigung einer Polygonseite und aus den Brechungswinkeln des Polygons abgeleitet. Sie zählen rechtsinnig von 0 bis 360 Grad.

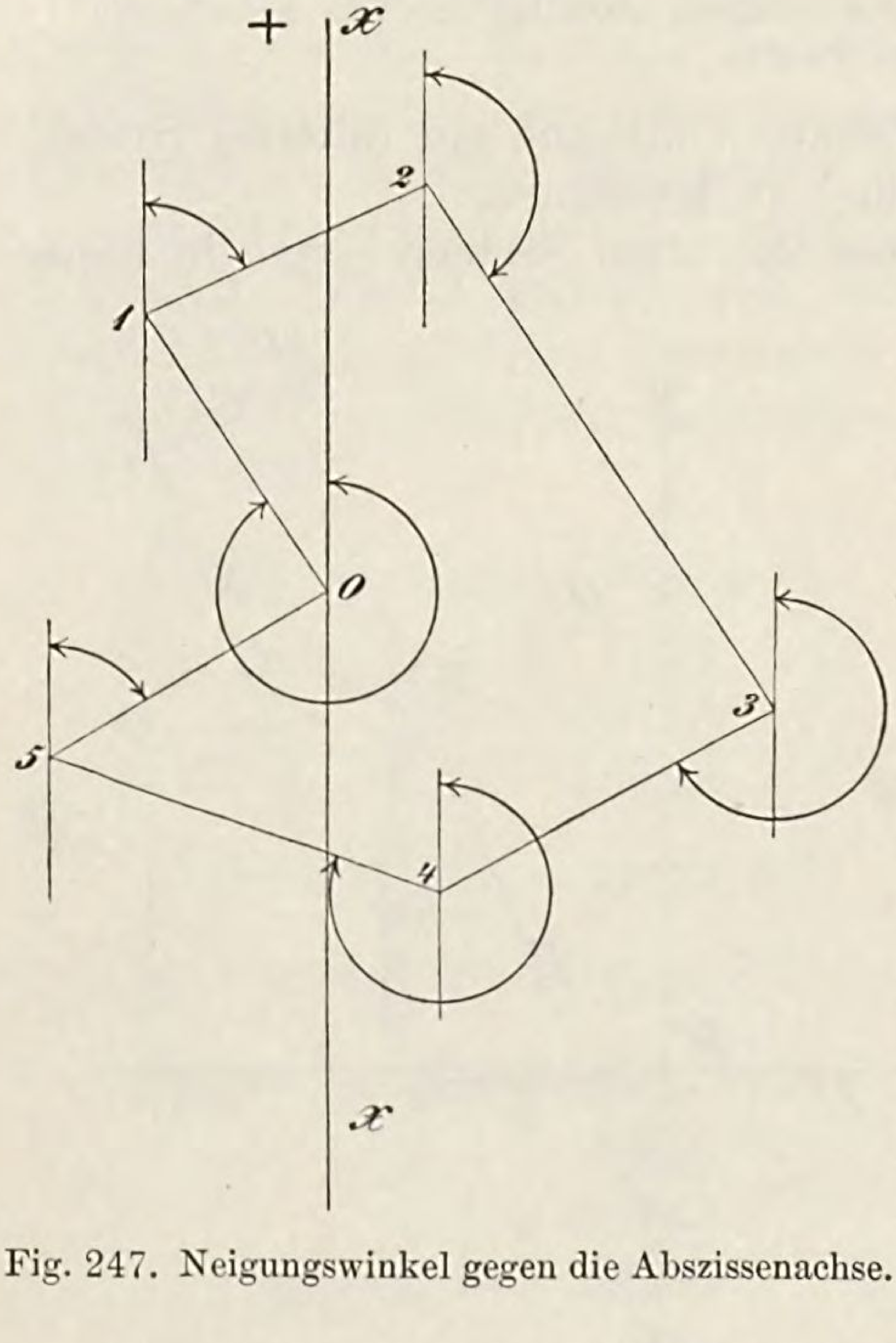


Fig. 247. Neigungswinkel gegen die Abszissenachse.

Ist z. B. in Fig. 247 xx die Abszissenachse und sind die durch die Punkte 1, 2, 3, 4, 5 gezogenen Linien Parallelen zu derselben, so sind die durch die kleinen Bogen bezeichneten Winkel die zu berechnenden Neigungswinkel der Seiten gegen die Abszissenachse.

Die Berechnung erfolgt nach der Formel $N_n = N_{n-1} + P_n \pm 180$, wenn P_0, P_1, $P_2 \ldots P_{n-1}$, P_n u. s. w. die aufeinanderfolgenden Polygonwinkel und N_0, N_1, $N_2 \ldots N_{n-1}$, N_n u. s. w. die Neigungswinkel der aufeinanderfolgenden Polygonseiten bedeuten. Die in Rechnung zu ziehenden Polygonwinkel müssen die links von der Berechnungsrichtung liegenden sein.

In Worten lautet die Regel: Die Neigung einer (der n^{ten}) Polygonseite gegen die Abszissenachse wird gefunden, wenn man zur Neigung der vorhergehenden (der $n - 1^{\text{ten}}$) Seite den

(links liegenden) Polygonwinkel zwischen der $n-1^{\text{ten}}$ und n^{ten} Polygonseite hinzuaddiert und von der Summe 180 Grad abzieht, sobald sie größer, oder 180 Grad hinzufügt, sobald sie kleiner als 180 Grad ist. Bleibt im ersteren Falle ein größerer Rest als 360 Grad, so ist nur der Überschuß über vier Rechte als Neigungswinkel anzusehen.

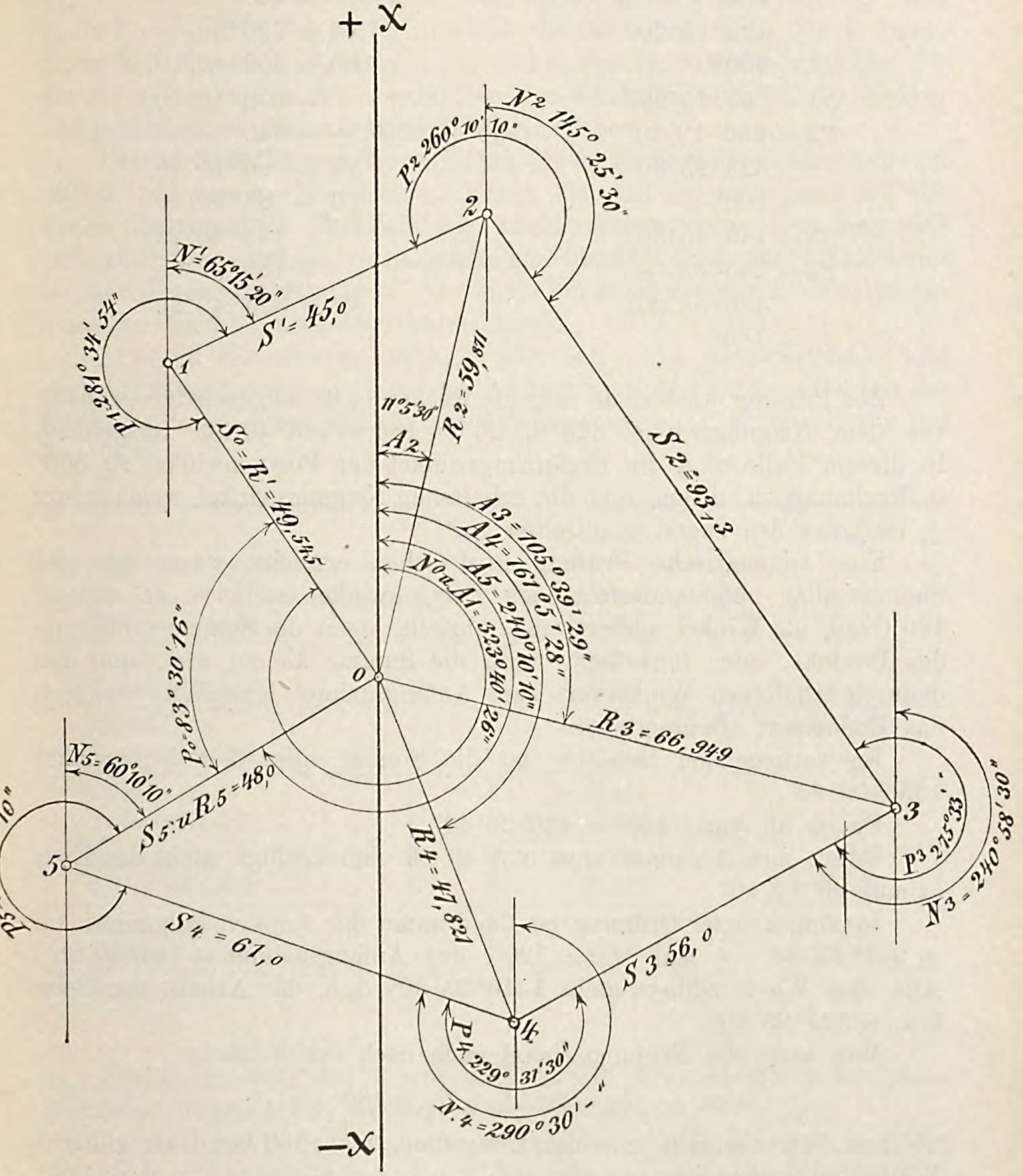


Fig. 248. Ableitung der Neigungswinkel gegen die Abszissenachse und der Polarkoordinaten aus den rechtwinkeligen Koordinaten.

In Fig. 248 sei die Neigung der Seite $S_0 = 323^0 40' 26''$ gegeben, die Berechnung gestaltet sich dann folgendermaßen:

$N^0 = 323^0 40' 26''$	$N3 = 240^0 58' 30''$
$P1 = 281^0 34' 54''$	$P4 = 229^0 31' 30''$
$605^0 15' 20''$	$470^0 30' -$
$- 180^0$	$- 180^0$
$425^0 15' 20''$	$N4 = 290^0 30' -$
$- 360^0$	$P5 = 309^0 40' 10''$
$N1 = 65^0 15' 20''$	$= 600^0 10' 10''$
$P2 = 260^0 10' 10''$	$- (180^0 + 360^0) = - 540^0 - -$
$325^0 25' 30''$	$N5 = 60^0 10' 10''$
$- 180^0$	$P0 = 83^0 30' 16''$
$N2 = 145^0 25' 30''$	$143^0 40' 26''$
$P3 = 275^0 33' -$	$+ 180^0 - -$
$420^0 58' 30''$	$N^0 = 323^0 40' 26''$
$- 180^0$	

Zur Prüfung wiederholt man die Rechnung in umgekehrter Ordnung von dem Neigungswinkel $323^0 40' 26'' - 180 = 143^0 40' 26''$ ausgehend. In diesem Falle sind die Ergänzungswinkel der Polygonwinkel zu 360^0 in Rechnung zu ziehen, und die erhaltenen Neigungswinkel weichen um $\pm 180^0$ von den zuerst ermittelten ab.

Eine summarische Prüfung wird schon erreicht, wenn man die Summe aller aufeinanderfolgenden Polygonwinkel addiert, so vielmal 180 Grad, als Winkel addiert sind, abzieht, wenn die Summe größer als das Produkt, oder hinzufügt, wenn die Summe kleiner war, und den dadurch erhaltenen Winkelwert zum Anfangsazimut hinzufügt, wodurch das Endazimut erhalten wird.

Im vorliegenden Beispiele ist die Summe aller 5 Polygonwinkel $1356^0 29' 44''$.

Davon ab 5mal $180^0 = 456^0 29' 44''$.

Dieses zum Anfangsazimut $323^0 40' 26''$ hinzugefügt, giebt das Endazimut $60^0 10' 10''$.

In umgekehrter Ordnung ist die Summe der 4 ersten Polygonwinkel $= 541^0 45^0 04''$, 4 mal $180 = 720^0$, das Anfangsazimut $= 143^0 40' 26''$. Alle drei Werte addiert giebt $1415^0 25' 30''$ d. h. das Azimut der Seite 3. 2. $= 325^0 25' 30''$.

Man kann die Neigungswinkel auch nach der Formel:

$$N_n = N_{n-1} + P_n + 180$$

ableiten, wo ebenfalls nur der Überschuß über 360 Grad als gültiger Winkel anzusehen ist.

Geübte Rechner werden die Rechnung sich dadurch abkürzen, daß

sie bei Benutzung der ersten Regel zum vorhergehenden Neigungswinkel den etwa vorhandenen Überschuß des Polygonwinkels über 180 Grad hinzuzählen, oder davon den Unterschied zwischen dem Winkel und 180 Grad abziehen.

Aus der Länge der Polygonseiten S_0, S_1, S_2 . . . und den Neigungswinkeln N_0, N_1, N_2 . . . werden die Koordinaten der einzelnen Punkte P_1, P_2, P_3 . . . berechnet und zwar die Ordinaten nach den Formeln $S_0 \sin N_0$, $S_1 \sin N_1$, $S_2 \sin N_2$. . . und die Abszissen nach den Formeln $S_0 \cos N_0$, $S_1 \cos N_1$, $S_2 \cos N_2$. . ., wobei die richtigen Vorzeichen für die Koordinaten aus den Vorzeichen der Funktionen sinus und cosinus des jedesmaligen Neigungswinkels sich ergeben.

Die so berechneten Koordinaten jedes Punktes beziehen sich zunächst auf den vorhergehenden Punkt als Anfangspunkt und auf die durch ihn gezogene Parallele zur Abszissenlinie, oder, wie man sich kurz ausdrückt, auf den vorhergehenden Punkt als Ursprung. Man nennt sie zur Unterscheidung von den eigentlichen Koordinaten: Teilkoordinaten (auch Koordinatenunterschiede).

Um die Koordinaten aller Punkte auf eine Abszissenachse und einen Anfangspunkt zu beziehen, addiert man die Teilkoordinaten der Reihe nach mit Berücksichtigung der Vorzeichen, z. B. mit Bezug auf Fig. 248:

	Ordinaten	Abszissen
Koordinaten des Punktes 0	0,000	0,000
Teilkoordinaten „ „ 1	− 29,350	+ 39,917
Koordinaten „ „ 1	− 29,350	+ 39,917
Teilkoordinaten „ „ 2	+ 40,868	+ 18,836
Koordinaten „ „ 2	+ 11,518	+ 58,753
Teilkoordinaten „ „ 3	+ 52,946	− 76,822
Koordinaten „ „ 3	+ 64,464	− 18,069
Teilkoordinaten „ „ 4	− 48,967	− 27,171
Koordinaten „ „ 4	+ 15,497	− 45,240
Teilkoordinaten „ „ 5	− 57,137	+ 21,363
Koordinaten „ „ 5	− 41,640	− 23,877
Teilkoordinaten „ „ 0	+ 41,640	+ 23,877
Koordinaten „ „ 0	0,000	0,000

Die Berechnung der Koordinaten erfolgt meist in einem die ganze Rechnung übersichtlich wiedergebenden Formulare (Seite 235).

5. Auf die Berechnung der rechtwinkeligen Koordinaten aus den sphärisch rechtwinkeligen und aus den geographischen Koordinaten wird hier nicht eingegangen.

Eine Anleitung zu diesen den Markscheidern zuweilen vorkommenden Rechnungen findet sich in dem Buche von F. G. Gauss, „Die trigonometrischen und polygonometrischen Rechnungen in der Feldmeßkunst“, sowie in der Anweisung IX vom 25. Okt. 1881 für die trigonometrischen und polygonometrischen Arbeiten des Grundsteuerkatasters. Beide Bücher, namentlich das erstere, sind auch in anderer Beziehung den Markscheidern sehr zu empfehlen.

§ 116. Die Vermessungsarbeiten des Markscheiders. Die dem Markscheider obliegenden Arbeiten kann man zunächst in Tagemessungen und Grubenmessungen einteilen. Letztere sind die eigentlichen Markscheiderarbeiten.

Zu den Aufgaben eines Markscheiders gehört aber auch die Vermessung aller auf der Tagesoberfläche befindlichen Gegenstände, soweit sie mit dem bergmännischen Betriebe im Zusammenhange stehen. Ferner muß der Markscheider die Vorarbeiten zum Bau von Gruben- Eisenbahnen, An- und Abfuhrwegen, Gräben, Wehr- und Stauanlagen u. s. w., sowie die Kubizierung von Teichen, Halden u. dergl. ausführen. Diese genannten Arbeiten gehören streng genommen in das Beschäftigungsgebiet des Landmessers und Ingenieurs und sind ausführlich behandelt in den Lehrbüchern der Vermessungskunde von Bauernfeind, Bohn, Jordan, Hartner, Vogler u. s. w.

Trotzdem erscheint es nicht zweckmäßig, die Behandlung dieser Tagemessungen hier ganz zu übergehen, weil sonst kein vollständiges Bild von der Thätigkeit des Markscheiders gegeben würde. Unter Hinweis auf die genannten Bücher soll aber die Besprechung nur in elementarer Weise erfolgen und auf das Notwendigste beschränkt werden.

§ 117. Dreiecksmessung. Vor Beginn einer größeren markscheiderischen Arbeit muß es, in Befolgung des obersten Grundsatzes: stets vom Großen ins Kleine zu arbeiten, die erste Sorge des Markscheiders sein, über das Grubenfeld ein Dreiecksnetz zu legen, es zu vermarken und womöglich nach einem bestimmten Meridiane zu orientieren.

Der Nutzen eines solchen Netzes ist nicht bloß ein augenblicklicher, sondern auch ein dauernder.

Mit dem Netze wird nämlich durch passend gelegte Dreieckspunkte die Lage aller vorhandenen Stollen und Schächte genau bestimmt und dieser Umstand verleiht der daran anschließenden Grubenvermessung um so größere Sicherheit, je mehr solcher Verbindungen vorhanden sind. Sodann gewähren die einmal festgelegten Dreieckspunkte eine große Erleichterung für alle späteren markscheiderischen Angaben, da die Messungen nur von jenen versteinten Punkten auszugehen brauchen.

Ist ein solches Dreiecksnetz schon für ein einzelnes Grubenfeld wünschenswert, so wird es für einen größeren Grubenkomplex, wo die

Innehaltung der Grubenfeldsgrenzen von großer Wichtigkeit ist, zu einer Notwendigkeit.

Die Aufgabe, über größere Grubenkomplexe ein gutes Dreiecksnetz zu legen, übersteigt die Kräfte des einzelnen Markscheiders und deshalb ist es mit Freuden zu begrüßen, daß im Königreich Preußen die Triangulation der allgemeinen Landesaufnahme in den Bergbaubezirken fast überall beendet ist und die Markscheider meistens Gelegenheit haben den Anschluß an diese ausgezeichnete Grundlage zu gewinnen.

Als Beispiel ist anzuführen, daß der letzte Durchschlag des 3000 m langen Flügelortes vom Oberharzer Ernst-August-Stollen zwischen Lautenthal und Bockswiese bezüglich des Tagezuges nur auf das Dreiecksnetz der Landesaufnahme gestützt ausgeführt ist und gut gestimmt hat.

Wenn auch, wie schon gesagt, das Legen von großen Dreiecksnetzen zum Zwecke der Landesvermessung nicht Sache des Markscheiders ist, so ist es doch nicht überflüssig, das Wesentlichste einer solchen Messung abzuhandeln, da das Verfahren, welches bei Aufnahme der ausgedehntesten Länder angewendet wird, auch bei der Kleinaufnahme, wenn auch vereinfacht, dasselbe ist.

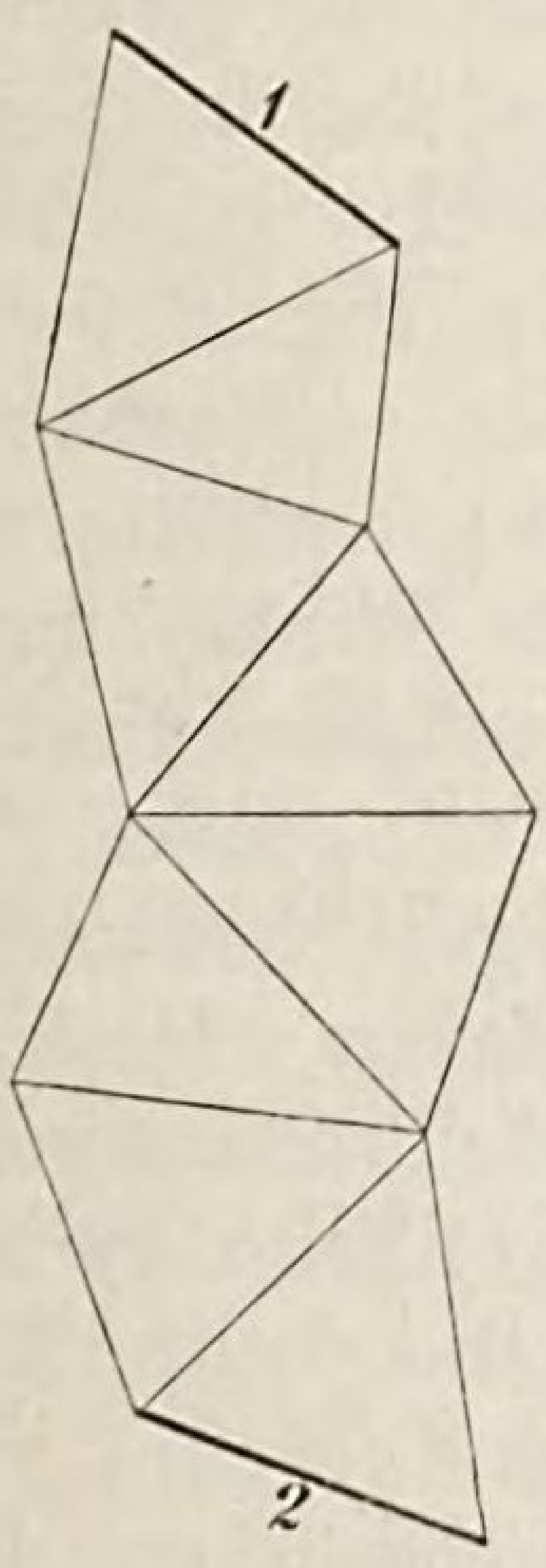


Fig. 249.

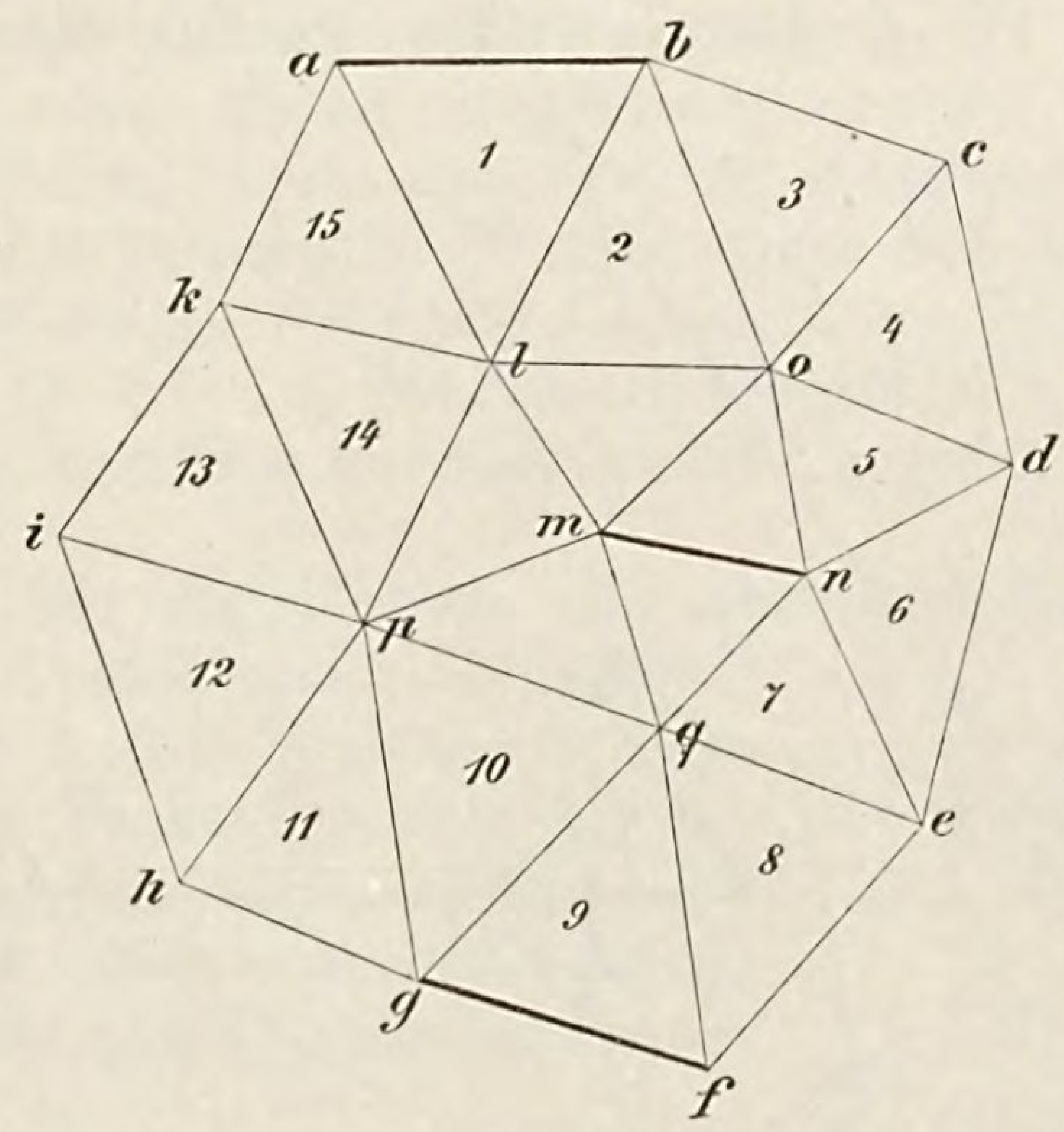


Fig. 250.

Dreiecksnetze.

Punkte und Dreiecke erster Ordnung. Für eine Landesvermessung werden zunächst Hauptpunkte oder Punkte erster Ordnung mit großer Sorgfalt ausgesucht, von denen je drei sich zu einem Dreieck von wenigstens 20 Kilometer Seitenlänge verbinden lassen. Die gleichseitige Form der Dreiecke ist die günstigste, dann etwa noch die gleichschenkelig-rechtwinkelige.

Die Punkte werden so gewählt, daß jedes Dreieck zwei Seiten mit den Nachbardreiecken gemein hat.

Sind die Dreiecke in der Weise zusammengestellt, wie Fig. 249 zeigt, so nennt man dies eine Dreieckskette oder ein Kettennetz. Die äußersten beiden Dreiecke hängen dann mit den übrigen nur mit je einer Seite zusammen.

Die Kette kann auch in sich zurückkehren und bildet dann einen Kranz (in Fig. 250 die Dreiecke 1—15) oder die Dreiecke sind zu einem einfachen Gruppennetze geordnet (sämtliche Dreiecke der Fig. 250). Über jeder Seite mit Ausnahme der äußersten sind zwei und nicht mehr Dreiecke errichtet und niemals durchkreuzen sich zwei Seiten verschiedener Dreiecke.

Findet ein solches Durchkreuzen der Dreiecksseiten statt, so entstehen verwickelte Netze.

Alle Winkel der Dreiecke werden überzählig oft gemessen.

Die Dreiecke erster Ordnung sind als sphäroidische zu betrachten. Die Summe der drei Winkel wird also größer sein als zwei Rechte. In Dreiecken niederer Ordnung muß die Summe der drei gemessenen Winkel gleich 2 Rechten sein, oder doch darauf ausgeglichen werden.

Ferner muß auf einem Punkte, der gemeinschaftlicher Eckpunkt der rings um ihn liegenden Dreiecke ist, z. B. *m* oder *n* in Fig. 250, die sogenannte Horizontgleichung erfüllt sein, d. h. alle Winkel um *m* oder *n* müssen gleich 4 Rechten sein, oder doch darauf abgeglichen werden.

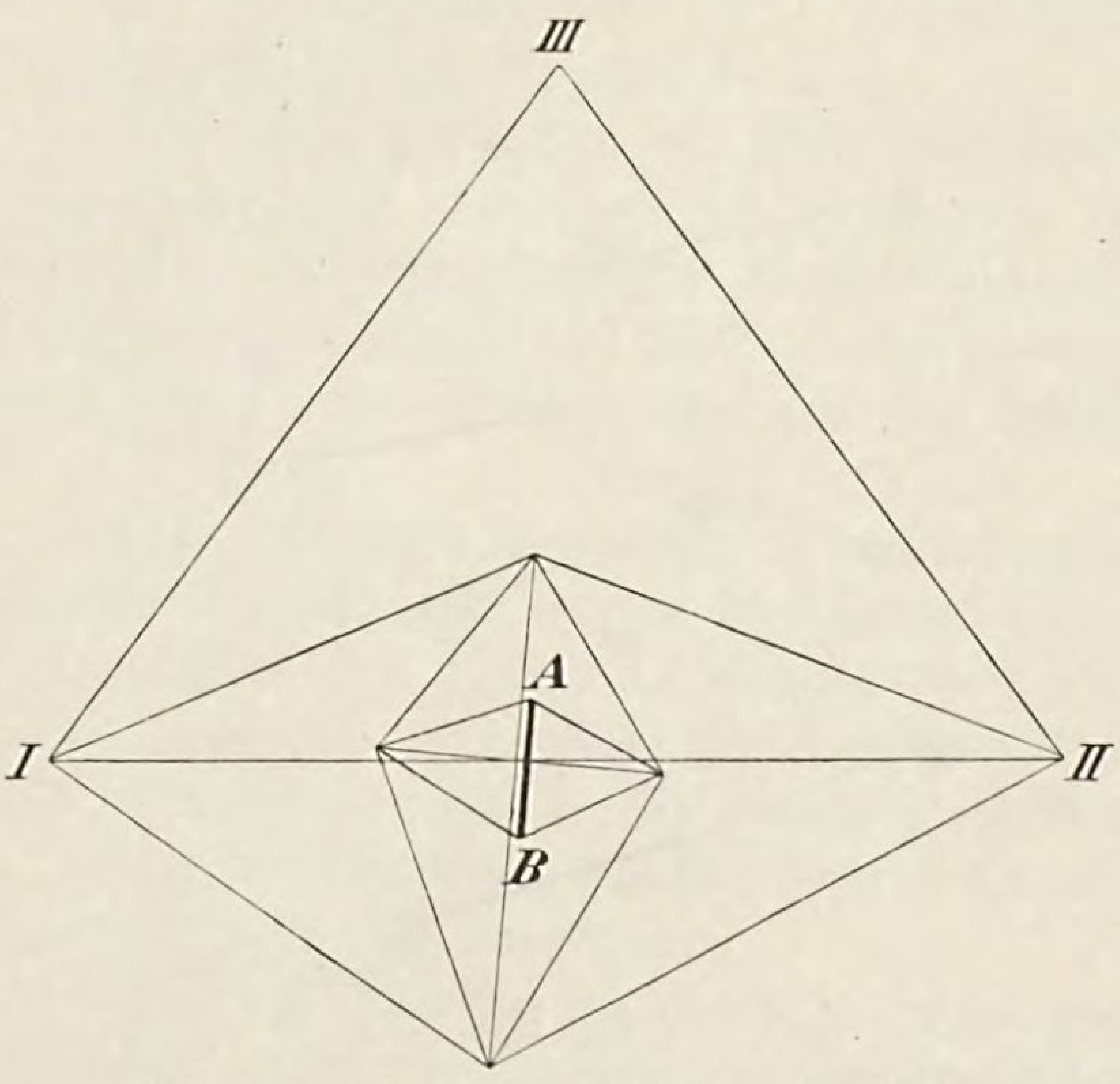


Fig. 251. Messungs- und Rechnungsbasis.

Von jedem Dreiecksnetze muß die Länge wenigstens einer Seite ermittelt werden, die Grundlinie und Basis genannt wird. Zur gegenseitigen Prüfung werden bei allen Vermessungen zwei oder mehr Grundlinien ermittelt. In Fig. 249 die Seiten 1 und 2, in Fig. 250 die Seiten *ab*, *gf* und *mn*.

Eine Länge von 20 Kilometer unmittelbar zu messen ist schwierig. Man verfährt deswegen folgendermaßen: Die kurze Linie *AB*, die Messungsbasis, wird genau gemessen und durch Anschlußdreiecke von möglichst günstiger Gestalt in der Weise, wie sie Fig. 251 zeigt, mit der Dreiecks-

seite I II verbunden, so daß diese, welche die Rechnungsbasis genannt wird, mit möglichster Sicherheit abgeleitet werden kann.

Aus der Rechnungsbasis und den gemessenen Winkeln lassen sich die anderen Seiten des ersten Dreiecks berechnen, die ihrerseits wieder die Grundlinien zur Berechnung der sich anlehnenden Dreiecke abgeben. Auf diese Weise werden alle Dreiecksseiten des ganzen Netzes berechnet.

Die relative Lage aller Punkte wird durch Koordinaten ausgedrückt und zwar die einer Landesvermessung in geographischen bezw. rechtwinkelig-sphärischen und Polarkoordinaten.

Das Azimut einer oder mehrerer Dreiecksseiten, sowie die geographischen Positionen mehrerer Dreieckspunkte werden durch astronomische Beobachtungen bestimmt. Da zu solchen Messungen die besten Hilfsmittel auf Sternwarten vorhanden sind, so verbindet man mit einem Dreiecksnetze erster Ordnung alle innerhalb derselben liegenden Sternwarten.

Kennt man das Azimut einer Seite, so läßt sich auch das Azimut aller Seiten des Dreieckssystemes berechnen, und, sind mehrere Bestimmungen gemacht, eine Prüfung der zwischen beiden liegenden Winkel herbeiführen (Meridiankonvergenz zu berücksichtigen).

Die wichtigste Prüfung bildet die Koordinatenvergleichung. Man berechnet von einem astronomisch bestimmten Punkte ausgehend die Koordinaten des zweiten ebenso bestimmten Punktes. Oder man bildet Schleifen (geschlossene Polygone) z. B. in Fig. 250 die Schleife *abcdefqmla* und gleicht die Koordinaten so aus, daß das Vieleck schließt, d. h. die Rechnung am Schluß für *a* dieselben Koordinatenwerte angiebt, von denen ausgegangen war.

Sodann geht man an die Ausgleichung des zweiten Polygons *fghikalmqf*, wobei für die Punkte *almqf* Zwangsbedingungen gegeben sind, d. h. alle Änderungen nur auf die neu hinzugekommenen Punkte geworfen werden.

Die auftretenden Widersprüche lassen sich in verschiedener Art beseitigen, die wahrscheinlichste Lösung wird durch die Methode der kleinsten Quadratensumme gefunden.

Der Vermessungshorizont einer Landesvermessung ist der Meeresspiegel bezw. der Nullpunkt eines am Meere befindlichen Pegels. Die Längen der gemessenen Grundlinien sind auf den Meeresspiegel zu reduzieren.

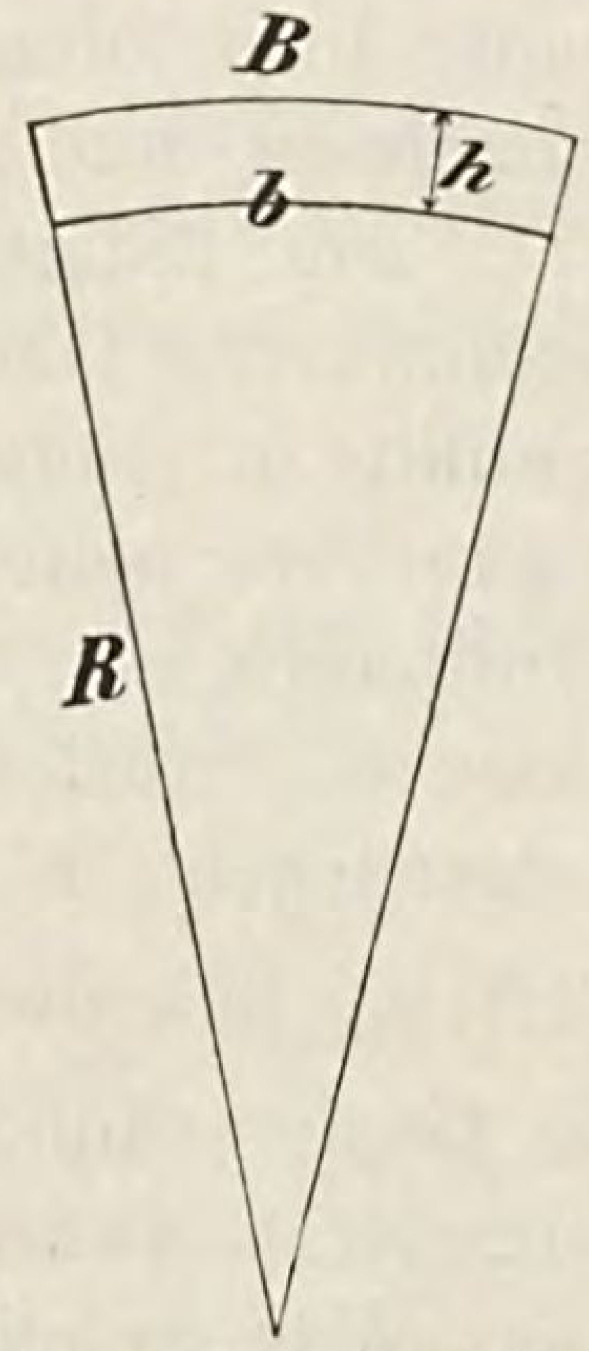


Fig. 252. Reduktion der Basis auf den Horizont.

Ist in Fig. 252 R der Halbmesser der Erdkugel, b der Meereshorizont und h der Abstand des Horizontes, in dem die Basis B gemessen wurde, so verhält sich $B : b = R + h : R$ und $b = \frac{B\,R}{R + h}$ oder was bequemer für

die Rechnung ist $b = B\left(1 - \frac{h}{R+h}\right)$, wofür angenähert gesetzt werden kann $B\left(1 - \frac{h}{R}\right)$.

Ist die gemessene Basislänge = 5000 m, $h = 500$ m und $R = 6\,366\,738$, so ist $b = 4999{,}91$.

Dreiecke niederer Ordnung. An die Dreiecke erster Ordnung werden Dreiecke zweiter Ordnung angeschlossen, deren Seiten 10 bis 20 Kilometer Länge haben, an diese Dreiecke dritter Ordnung von 3 bis 10 Kilometer Seitenlänge und schließlich daran Dreiecke vierter Ordnung, deren Eckpunkte unter sich oder von Punkten höherer Ordnung weniger als 3 km herab bis zu $^1/_2$ Kilometer entfernt sind.

Der Anschluß von Dreiecken niederer Ordnung an solche höherer Ordnung geschieht durch Netzeinschaltungen und Punkteinschaltungen.

§ 118. **Die Netzeinschaltung oder das Einketten.** Die Koordinaten der Punkte höherer Ordnung A und B sind gegeben, also ist auch ihre Entfernung bekannt.

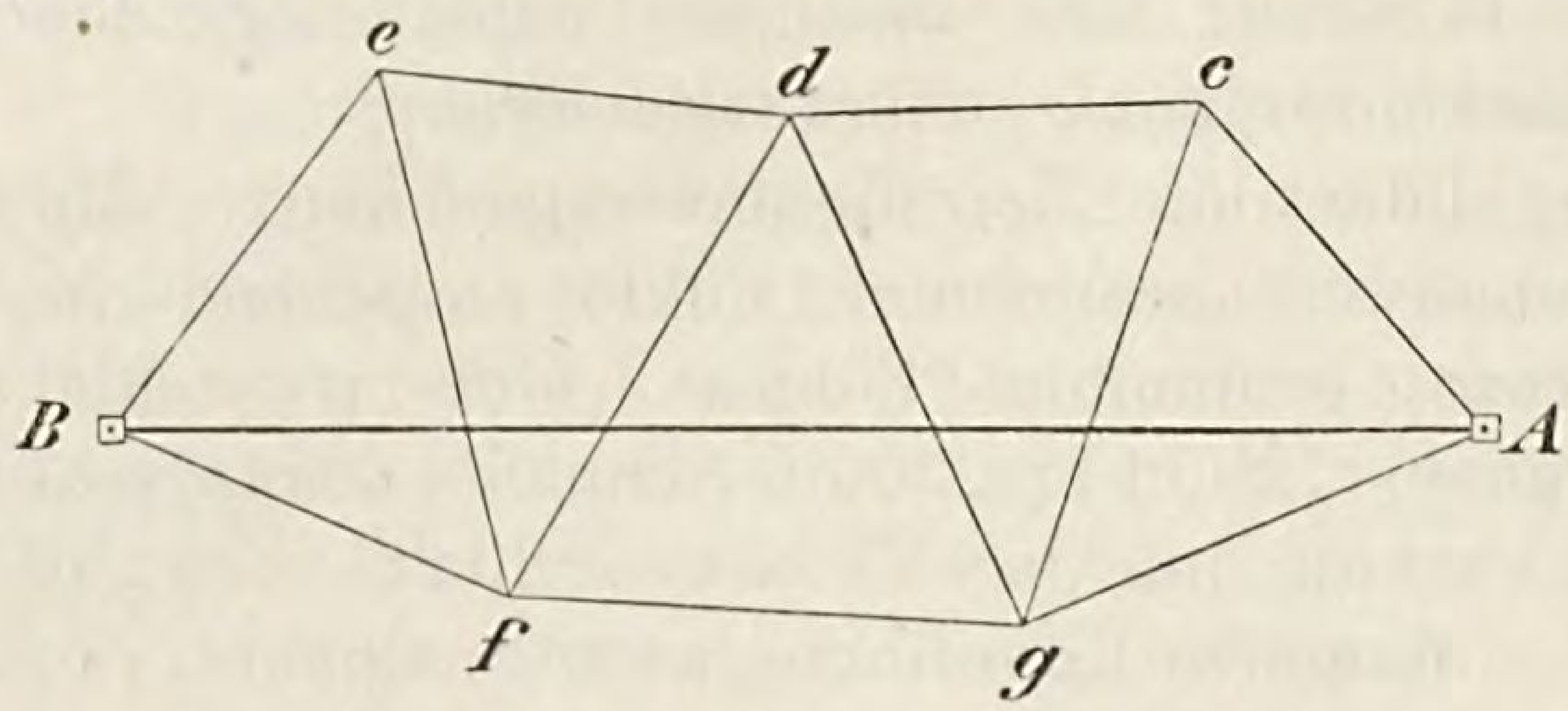


Fig. 253. Einketten eines Dreiecksnetzes.

Zwischen diesen Punkten wird ein Netz von (höchstens 6) Dreiecken so eingeschaltet, daß die beiden äußersten Eckpunkte des Netzes die gegebenen Punkte A und B sind. (Fig. 253.)

Die Winkel aller Dreiecke und womöglich alle oder doch einige der Anschlußwinkel fBA, eBA, cAB und gAB werden gemessen und sowohl im Dreieck als auch im Polygon abgeglichen.

Die Länge einer Seite z. B. Ac setzt man gleich Eins und berechnet die Längen der Dreiecksseiten, sowie die Koordinaten der Eckpunkte in Längeneinheiten von Ac. Das hierzu benutzte Achsensystem kann zwar beliebig sein, aber am zweckmäßigsten nimmt man A oder B als Nullpunkt und eine an A oder B anschließende Seite als Abszissenachse. Aus den vorläufigen Koordinaten berechnet man die Länge von $AB = L'$, ausgedrückt in Längeneinheiten der Seite Ac. Die wahre Länge L von AB ist bekannt und der Umrechnungskoëffizient ist $\frac{L}{L_1}$, mit dem alle in Längeneinheiten von Ac ausgedrückten Seiten zu multiplizieren sind, um deren wahre Längen in Metern zu erhalten.

War es möglich einen Anschlußwinkel z. B. cAB zu messen, so ist das Azimut von Ac aus dem von AB ohne weiteres abzuleiten, im anderen Falle muß der Winkel cAB aus den vorläufigen Koordinaten

berechnet werden. (Vergl. die Einrechnung eines Polygons § 172.) Der Berechnung der endgültigen Koordinaten steht nun nichts mehr im Wege. Das eingeschaltete Dreiecksnetz wird für sich ausgeglichen mit der Zwangsbedingung, daß die Koordinaten von A und B unverändert bleiben.

§ 119. **Die Punkteinschaltung** geschieht zunächst durch Dreiecksmessung, durch Angliederung von Dreiecken, wie die schematische Skizze Fig. 254 zeigt. Der erste Punkt a bildet mit zwei Punkten erster Ordnung ein Dreieck, an dessen Seiten neue Dreiecke angeschlossen werden, deren Seiten wieder die Grundlinien zu neuen Dreiecken abgeben.

So erhält man Dreiecke und Punkte immer niederer Ordnung (römische Zahlen neben den Punkten in Fig. 254).

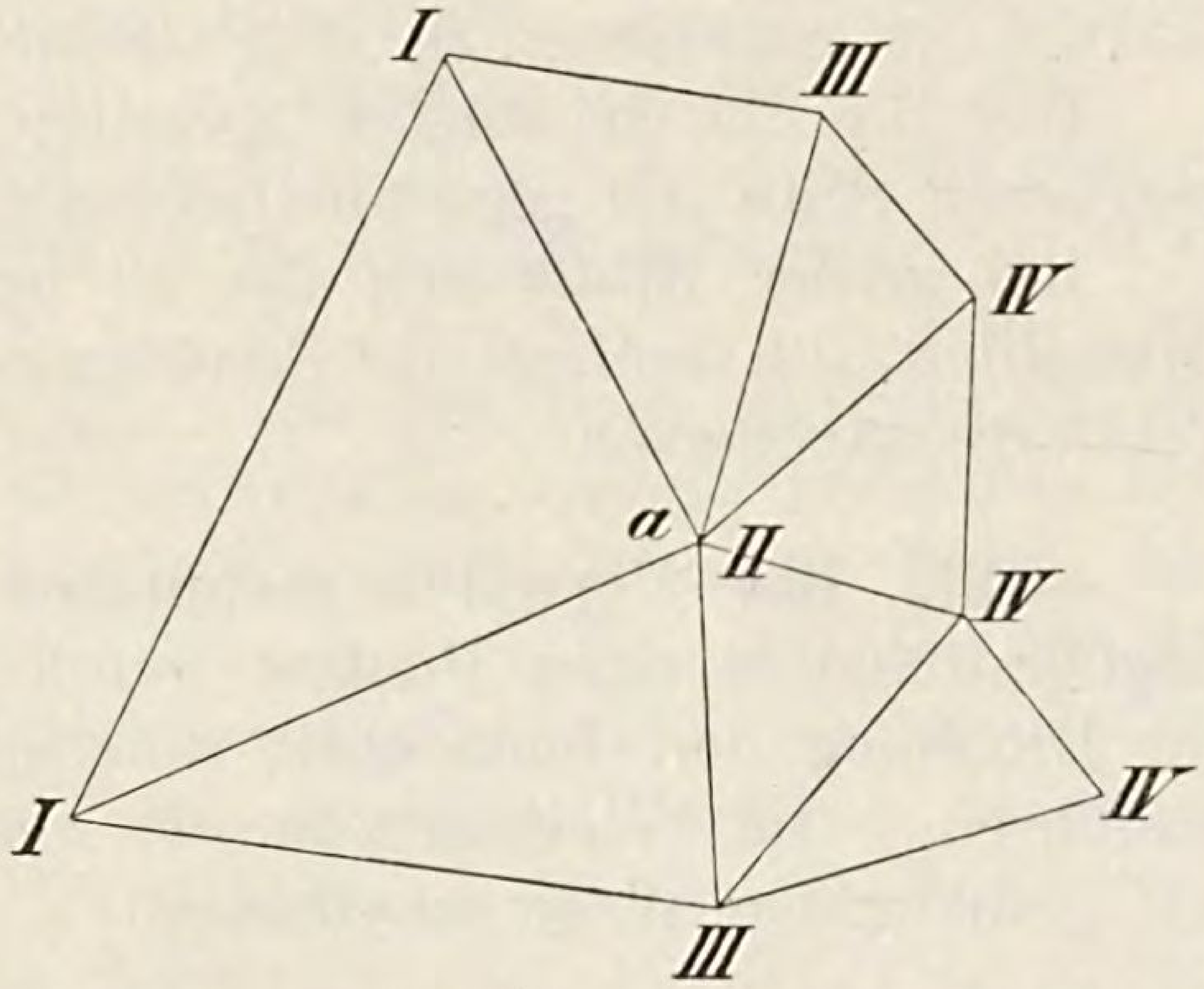


Fig. 254. Angliederung von Dreiecken niederer Ordnung.

Hierbei sollen Dreiecke einer und derselben niederen Ordnung womöglich zusammenhängende Netze oder Systeme bilden, die von einer Seite höherer Ordnung ausgehen und in einer solchen endigen. Die Netze jeder Ordnung werden für sich im Anschluß an die feststehenden Koordinaten der Punkte höherer Ordnung ausgeglichen.

In den sämtlichen angegliederten Dreiecken werden alle drei Winkel gemessen.

Die Punkteinschaltung kann ferner geschehen durch Vorwärtseinschneiden, Seitwärtseinschneiden nnd Rückwärtseinschneiden, wobei nicht alle drei Winkel der entstehenden Dreiecke gemessen werden.

§ 120. **Das Vorwärtseinschneiden aus zwei Punkten und das Seitwärtseinschneiden.** Der Theodolit wird zum Vorwärtseinschneiden in A und B aufgestellt, und die Winkel α und β werden gemessen. Der Winkel γ wird dann gleich $180^0 - (\alpha + \beta)$ angenommen und die Seiten des Dreiecks sowie die Koordinaten des Punktes C werden berechnet (Fig. 255).

Die Größe des Schnittwinkels γ, unter dem sich die Strahlen AC und BC treffen, ist für die Bestimmung des Punktes von Wichtigkeit.

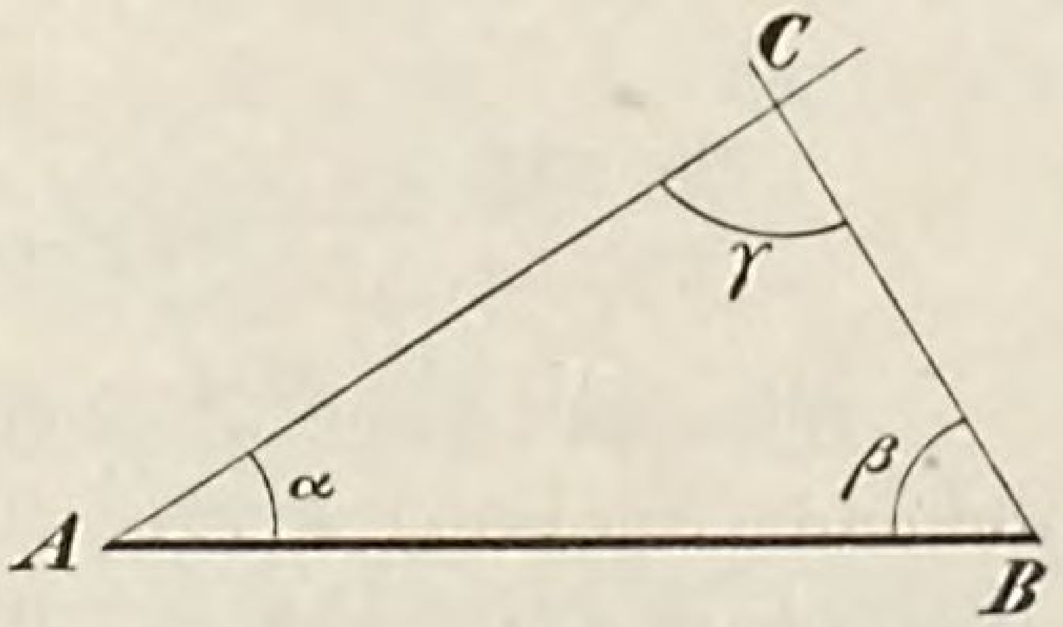


Fig. 255. Vorwärts- und Seitwärtseinschneiden.

Unter der Voraussetzung, daß die Fehler in der Messung der Winkel α und β gleich groß und gleichsinnig, ferner die Strahlen AC und BC nahezu gleich lang sind, ist der rechtwinkelige Schnitt der vorteilhafteste. Da aber diese Annahmen selten zutreffen werden, so ist für die Lagenbestimmung des Punktes C der günstigste Schnittwinkel $= 109^0\,28'$.

Beim Seitwärtseinschneiden ist ebenfalls die Seite AB (Fig. 255) gegeben, man mißt aber einen anliegenden Winkel α und den gegenüberstehenden γ, der dritte Winkel β ergiebt sich als Ergänzung der Summe der gemessenen zu zwei Rechten.

Der für die Genauigkeit günstigste Fall liegt vor, wenn der der gegebenen Seite AB gegenüberliegende Winkel γ ein Rechter ist.

Bei großer Entfernung des zu bestimmenden Punktes C von der Grundlinie AB verdient das Seitwärtseinschneiden den Vorzug vor dem Vorwärtseinschneiden.

§ 121. **Das Vorwärtseinschneiden aus mehreren Punkten.** Die Lagebestimmung eines Punktes durch Vorwärtseinschneiden wird man zur Erhöhung der Genauigkeit womöglich von mehr als zwei Punkten ausführen. Die Widersprüche der verschiedenen Schnitte lassen sich auf graphischem Wege ausgleichen.

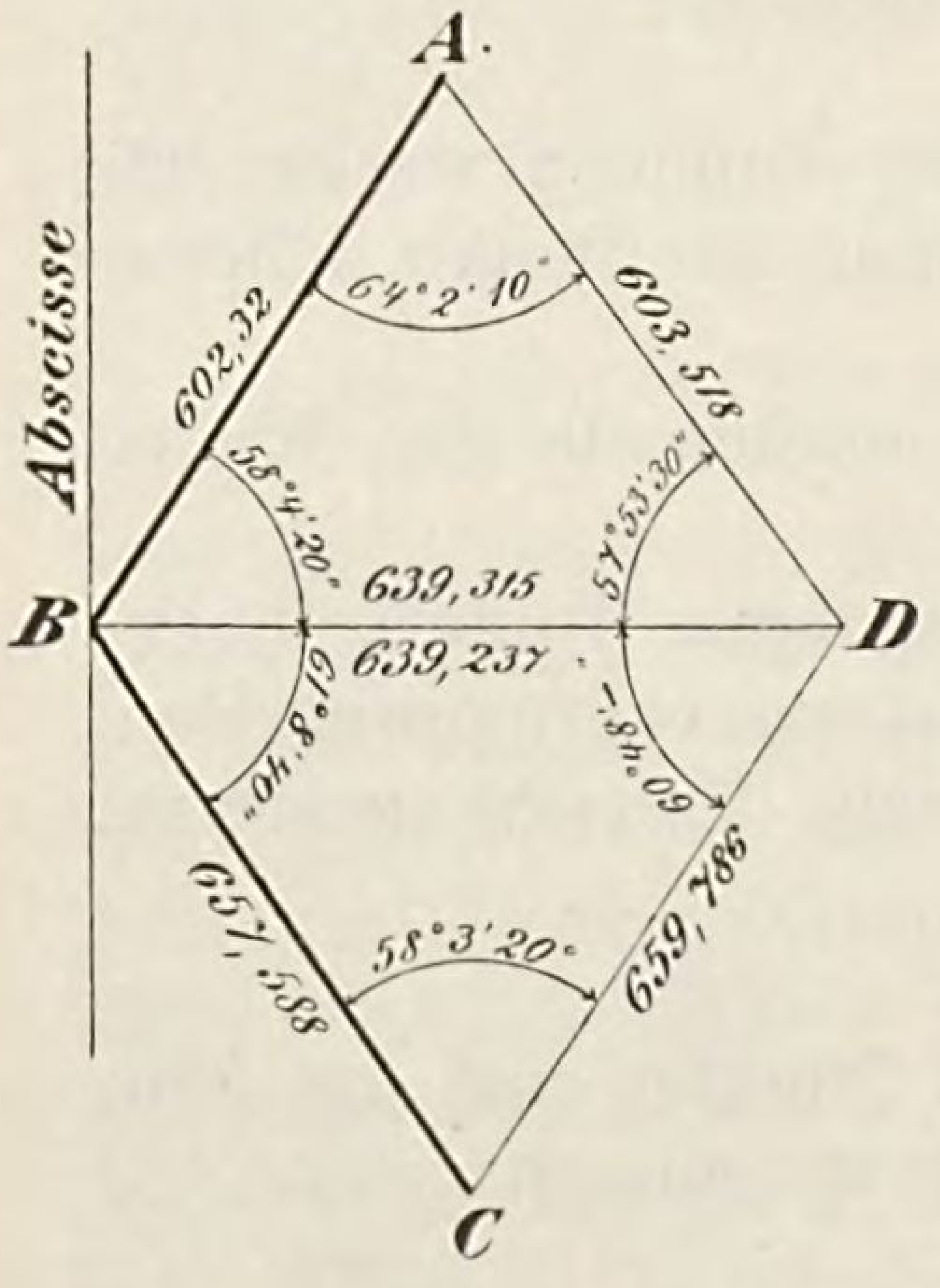


Fig. 256.

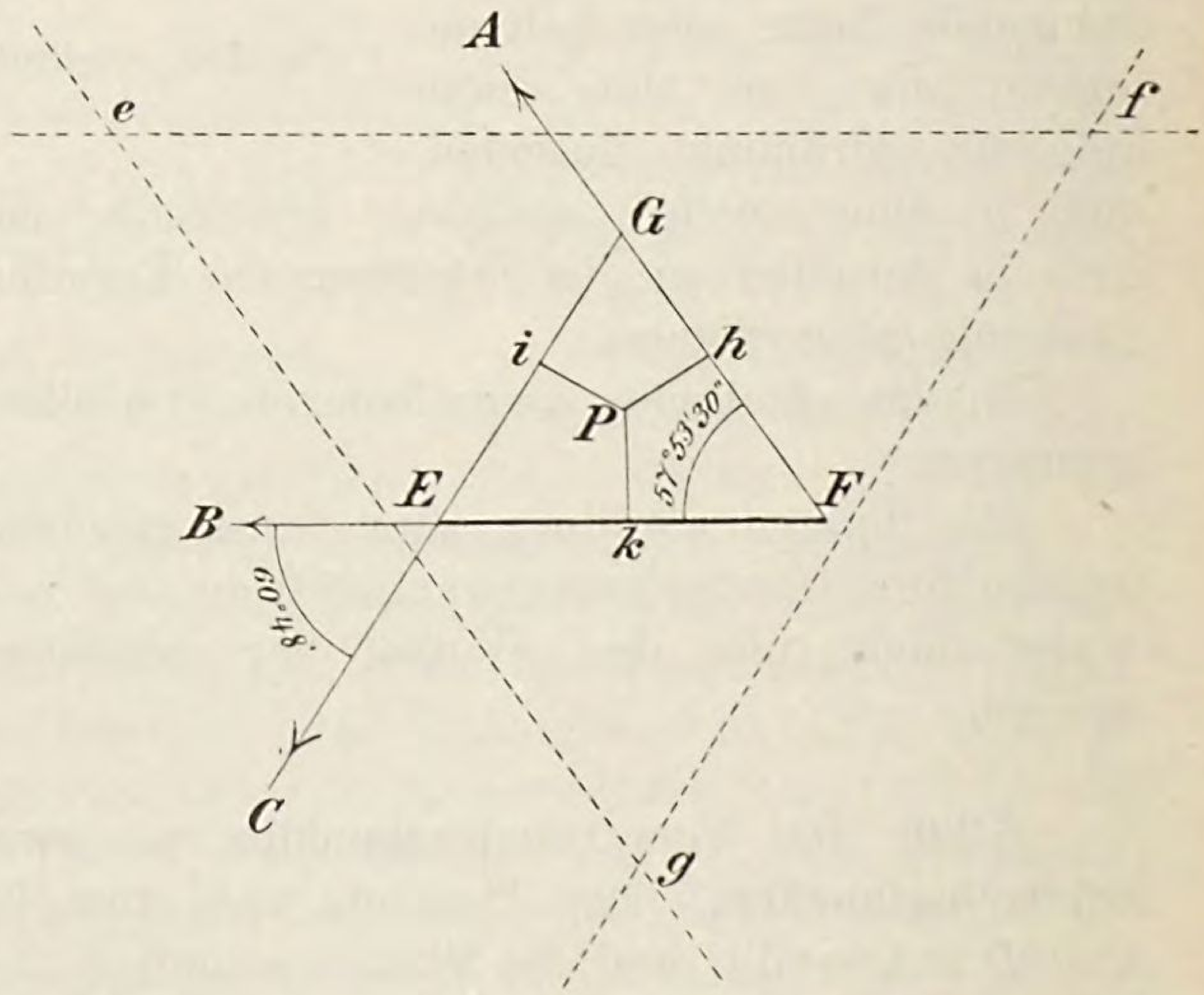


Fig. 257.

Vorwärtseinschneiden aus drei Punkten.

Beispiel eines Einschneidens von 3 Punkten. Auf den drei gegebenen Punkten A, B u. C (Fig. 256) sind zur Lagebestimmnng von D die Winkel $DAB = 64^0\,2'\,10''$, $ABD = 58^0\,4'\,20''$, $DBC = 61^0\,8'\,40''$ und $DCB = 58^0\,3'\,20''$ gemessen. Wären die Winkel fehlerlos, so müßten

die Strahlen in den Richtungen AD, BD und CD gezogen, sich in einem Punkte, nämlich D, schneiden. Der Fehler wegen thuen sie es nicht und es entsteht ein fehlerzeigendes Dreieck, das man sich in einem sehr großen Maßstabe, in Fig. 257 in 1 : 2, folgendermaßen zeichnet. Die Linie BD gehört zu zwei Dreiecken und wird der Fehler wegen sich aus beiden Dreiecken verschieden berechnen u. z. aus $ABD = 639{,}315$, aus $BDC = 639{,}237$. Der Unterschied $= 78$ mm wird in der Fig. 257 als Linie EF aufgetragen, von F aus der nach den gemessenen Winkeln sich ergebende Richtungswinkel des Strahles $DA = 57^0\,53'\,30''$ und aus E der des Strahles $DC = 60^0\,48'$ —″ angetragen. Durch Verlängerung von CE über E hinaus entsteht das fehlerzeigende Dreieck GFE.

Unter der Voraussetzung, daß die Winkel auf A, B, C mit gleicher Sorgfalt gemessen sind, findet man die wahrscheinlichste Lage von D auf folgende Weise:

Man konstruiert das in der Fig. 257 punktierte Hilfsdreieck efg, indem man mit den Seiten des fehlerzeigenden Dreiecks Parallelen zieht und zwar in Abständen, die gleich den entsprechenden Seiten oder einem aliquoten Teile derselben sind. In der Fig. 257 ist der Abstand gleich den Seiten des Fehlerdreiecks, also z. B. zwischen EG und $fg = EG$. Die Verbindungslinie der gegenüberliegenden Eckpunkte schneiden sich in einem Punkte P, und dieses ist die gesuchte Lage von D.

Fällt man von P aus die Normalen Ph, Pi und Pk, so sind $Fh = 46$ mm, $Ei = 43$ mm und $Fk = 46$ mm die Längen, um welche die berechneten Strahlen AD, BD und CD verbessert werden müssen.

$$AD = 603{,}518 - 0{,}046 = 603{,}472 \text{ m}$$
$$BD = 639{,}315 - 0{,}046 = 639{,}269 \text{ ,,}$$
$$CD = 659{,}786 + 0{,}043 = 659{,}829 \text{ ,,}$$

Aus den rechtwinkeligen Abständen Ph, Pi, Pk und aus den verbesserten Längen der Strahlen AD, BD und CD werden die Berichtigungen der Richtungswinkel DAB, DBC und DCB berechnet, und die Koordinatenberechnung von D ergiebt nunmehr auf jedem Wege übereinstimmende Werte.

§ 122. **Das Vorwärtseinschneiden von mehr als 3 Punkten.** Beispiel. In dem geschlossenen Polygon 1. 2. 3. 4. 5. ist der Punkt M durch Vorwärtseinschneiden aus allen fünf Punkten bestimmt. In der nicht maßstäblichen Fig. 258 sind folgende Bedingungen erfüllt:

1. die Polygonwinkel entsprechen der Formel $2nR - 4R$,
2. die Winkelsumme in allen Dreiecken = 180 Grad,
3. die Summe der Winkel um $M = 360$ Grad,
4. die Summe der Teilkoordinaten sämtlicher Polygonpunkte = 0.

Die Ausgleichung kann nun auf folgende Weise geschehen:

Man berechnet aus jeder Polygonseite und den anliegenden Winkeln die Länge jedes Strahles nach M.

Dadurch erhält man für jeden Strahl zwei Werte, z. B. für 1. M aus dem Dreieck 1. 5. $M = 1103{,}290$ und aus dem Dreieck 1. 2. $M = 1103{,}227$. Sodann berechnet man aus einem Strahl z. B. 1. M und seinem Neigungswinkel $54^0\,25'\,56''$ die vorläufigen Koordinaten von $M = +\,696{,}984$ $+\,1195{,}023$.

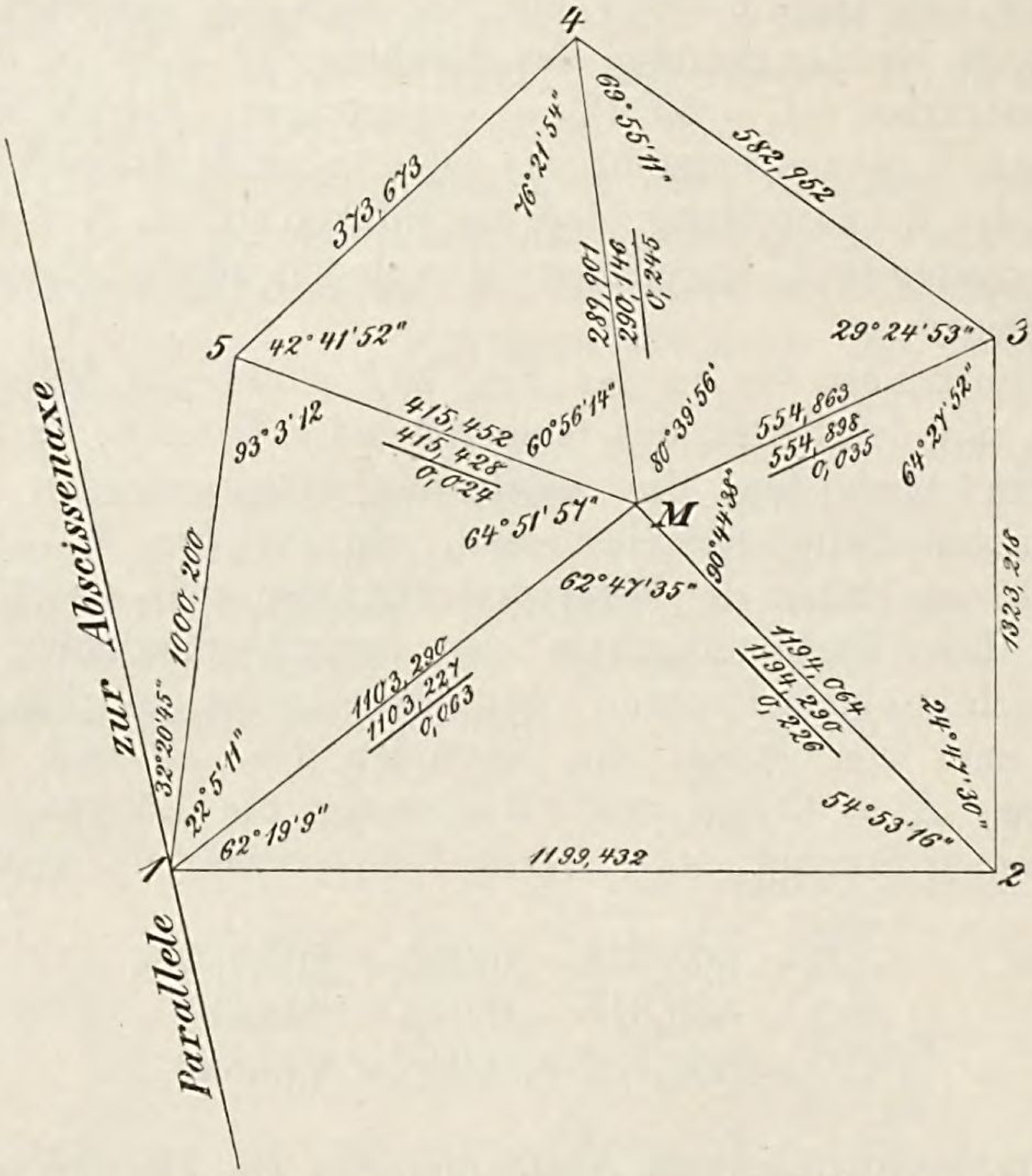


Fig. 258. Vorwärtseinschneiden aus mehreren Punkten.

Durch diesen Punkt als Nullpunkt zeichnet man sich das Koordinatenachsenkreuz und zieht die Strahlen $M1$, $M2$, $M3$, $M4$, $M5$ vom Nullpunkte aus (Fig. 259). Zu diesem Zwecke sind vorher die Azimute sämtlicher Strahlen aus dem Azimut von $M1$ und den Winkeln um M abzuleiten.

Sodann trägt man auf dem Strahle $M1$ vom Nullpunkte aus den Unterschied der anderen Berechnung des Strahles $M1 = 0{,}063$ ab und zwar rückwärts, weil der zweite Wert kürzer ausgefallen war, und zieht durch diesen Punkt (1. 2.) eine Parallele mit $M2$.

Auf dieser Parallele trägt man vom Schnittpunkte (1. 2.) aus den Unterschied 0,226 aus gleichem Grunde wieder in negativem Sinne auf und zieht durch den erhaltenen Punkt (2. 3.) mit $M3$ eine Parallele. So fährt man fort und wird schließlich in den Nullpunkt zurückkommen.

Man verlängert nun sämtliche Parallelen bis sich alle schneiden, greift mit dem Zirkel die Koordinaten der einzelnen Schnittpunkte ab und nimmt unter Berücksichtigung der aus der Größe des Schnittwinkels sich ergebenden Gewichtszahlen das arithmetische Mittel. Hieraus ergeben sich die Verbesserungen, die an den vorläufigen Koordinaten anzubringen sind.

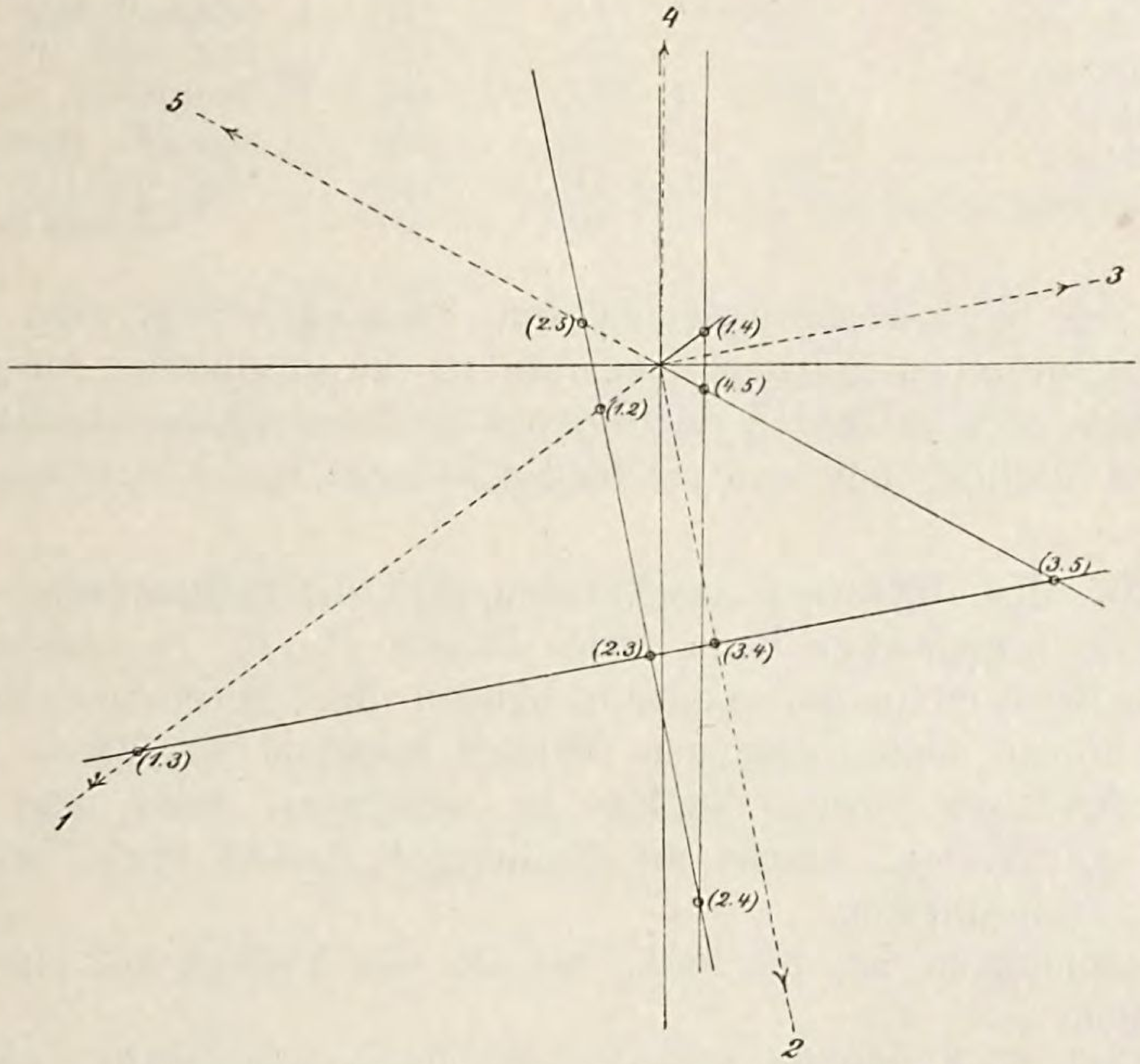


Fig. 259. Schnittfigur beim Vorwärtseinschneiden.

Schnittpunkt	Mit dem Zirkel abgegriffene Ordinaten mm	Abszissen mm	Gewichtszahl p	p mal Ordinate mm	p mal Abszisse mm
1. 2	− 50	− 36	4	− 200	− 144
1. 3	− 456	− 336	2	− 912	+ 672
1. 4	+ 18	+ 17	4	+ 72	+ 68
1. 5	0	0	5	0	0
2. 3	− 12	− 260	5	− 60	− 1300
2. 4	unbrauchbar				
2. 5	− 60	+ 33	4	− 240	+ 132
3. 4	+ 25	− 254	5	+ 125	− 1270
3. 5	+ 368	− 195	3	− 1104	− 585
4. 5	+ 19	− 11	4	+ 76	− 44
			36	+ 35	− 3815

$$+\frac{35}{36} = 1\text{ mm} \quad -\frac{3815}{36} = -106\text{ mm} \qquad \begin{array}{l} +\ 696{,}984 \ +\ 1195{,}023 \\ +\qquad\quad 1 \ -\qquad 0{,}106 \end{array}$$

Verbesserte Koordinaten + 696,985 + 1194,917

Man unterscheidet im allgemeinen sechs Klassen von Schnittwinkeln, denen man die beigeschriebenen Gewichte p beilegt.

Schnittklassen	Gewicht	Schnittwinkel		
		0°	180°	d. h. die Schnitte zwischen 0 und 15° bezw. 180° und 165° sind unbrauchbar, zwischen 15° und 23°, bezw. zwischen 165° und 157° sind sehr schlecht u. s. w.
Unbrauchbar	0	15	165	
Sehr schlecht	1	23	157	
Schlecht	2	38	142	
Mittel	3	54	126	
Gut	4	71	109	
Sehr gut	5	90	90	

Ist das Vorwärtseinschneiden von Punkten erfolgt, die nicht in einem geschlossenen Polygon liegen, so ist die graphische Ausgleichung eine andere. Sie ist der bei der Pothenotschen Aufgabe anzuwendenden (§ 123) so ähnlich, daß man sie hiernach leicht nachbilden kann.

§ 123. Das Rückwärtseinschneiden oder die Pothenotsche Aufgabe.

Ist die gegenseitige Lage dreier Punkte P_1, P_2, P_3 gegeben, d. h. sind ihre Koordinaten und somit die Längen ihrer Verbindungslinien und der von ihnen eingeschlossenen Winkel bekannt, so lassen sich die Koordinaten eines vierten Punktes P_0 berechnen, wenn man nur die Winkel w_{12} und w_{23}, welche die Strahlen P_0P_1 und P_0P_2, bezw. P_0P_2 und P_0P_3 einschließen.

Ausgenommen ist der Fall, wo die vier Punkte auf einer Kreislinie liegen.

In den Figg. 260 bis 263 sind die Lagen dargestellt, welche die vier Punkte gegeneinander haben können.

Man führt die beiden Hilfswinkel u_1 und u_3 ein, die immer positiv und kleiner als zwei Rechte sind.

In allen vier Fällen ist $u_1 + u_3 = 360 - (w_{12} + w_{23} + P_1P_2P_3)$. Winkel $P_1P_2P_3$ ist in der Fig. 261 größer als zwei Rechte.

Nennt man die Strahlen von P_0 aus S mit den entsprechenden Indices z. B. $P_1P_0 = S_{10}$, so ist S_{20} den beiden Dreiecken $P_0P_1P_2$ und $P_0P_2P_3$ gemeinschaftlich, und nach dem Sinussatze ist

$$S_{20} = \frac{S_{21}\sin u_1}{\sin w_{12}} = \frac{S_{23}\sin u_3}{\sin w_{23}}.$$

Durch Umformung erhält man $\frac{\sin u_3}{\sin u_1} = \frac{S_{21}\sin w_{23}}{S_{23}\sin w_{12}}$. Die rechte Seite dieser Gleichung setzt man gleich der Tangente eines Hilfswinkels φ und berechnet ihn.

Bildet man aus $\frac{\sin u_3}{\sin u_1} = \operatorname{tg}\varphi$, die beiden Gleichungen

$$1 + \frac{\sin u_3}{\sin u_1} = 1 + \operatorname{tg}\varphi \quad \text{und} \quad 1 - \frac{\sin u_3}{\sin u_1} = 1 - \operatorname{tg}\varphi$$

und dividiert beide, so erhält man

$$\frac{\sin u_1 + \sin u_3}{\sin u_1 - \sin u_3} = \frac{1 + \operatorname{tg}\varphi}{1 - \operatorname{tg}\varphi},$$

woraus $\dfrac{2\sin\frac{1}{2}(u_1 + u_3)\cos\frac{1}{2}(u_1 - u_3)}{2\cos\frac{1}{2}(u_1 + u_3)\sin\frac{1}{2}(u_1 - u_3)} = \operatorname{tg}(45^0 + \varphi)$

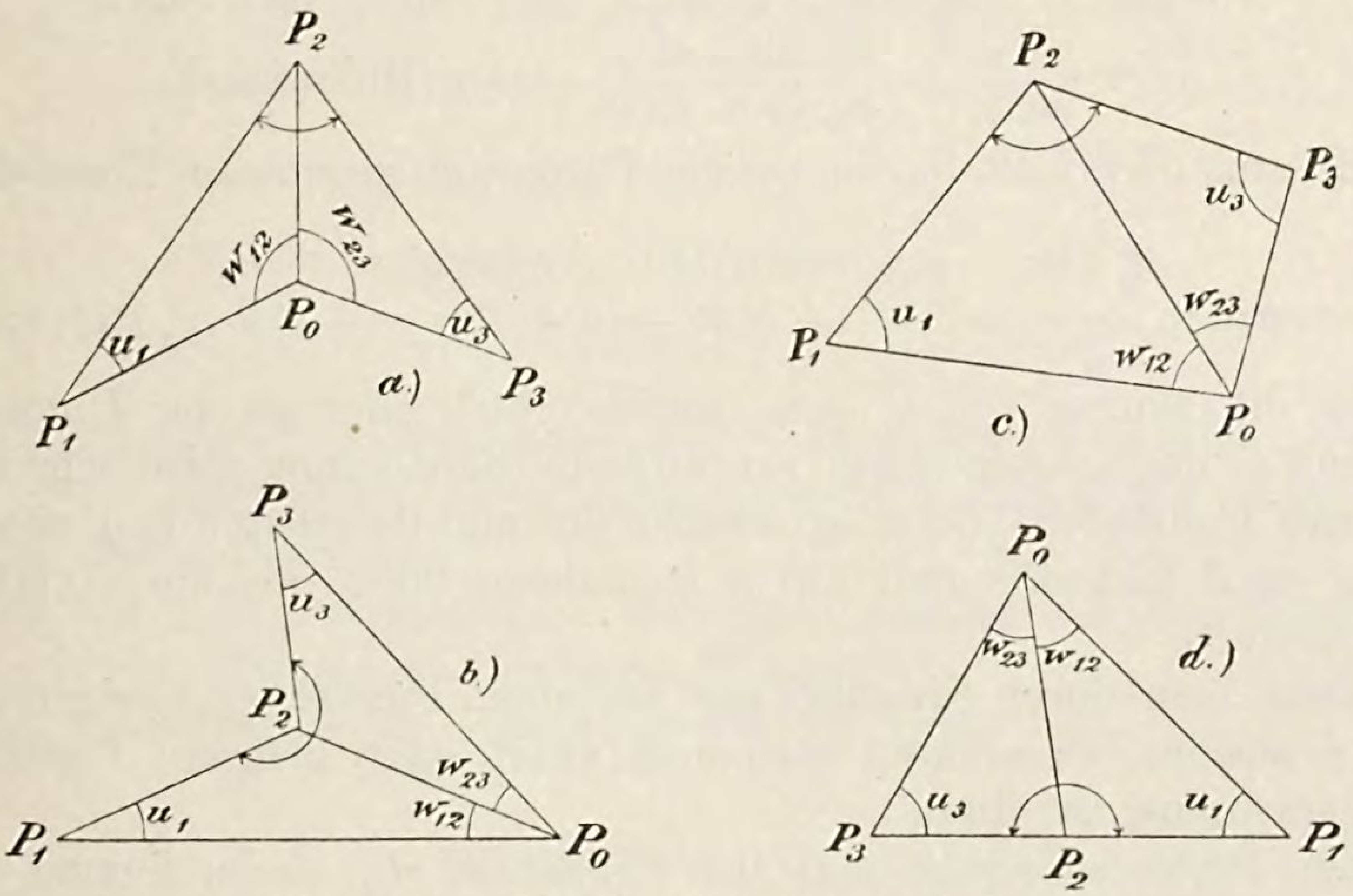
oder $\operatorname{tg}\frac{1}{2}(u_1 + u_3)\operatorname{cotg}(u_1 - u_3) = \operatorname{tg}(45^0 + \varphi)$

und schließlich $\operatorname{tg}\frac{1}{2}(u_1 - u_3) = \operatorname{cotg}(45^0 + \varphi)\operatorname{tg}\frac{1}{2}(u_1 + u_3)$.

Aus dem bekannten Werte von $u_1 + u_3$ und dem berechneten von $u_1 - u_3$ ergeben sich u_1 und u_3, und nach dem Sinussatze ist

$$S_{10} = \frac{S_{12}\sin(u_1 + w_{12})}{\sin w_{12}} \quad \text{und} \quad S_{30} = \frac{S_{32}\sin u_3 + w_{23}}{\sin w_{23}}.$$

Die Rechenprobe macht man nach der Formel $\dfrac{\sin u_3}{\sin u_1} = \operatorname{tg}\varphi$.



Figg. 260—263. Das Rückwärtseinschneiden.

Am Schluß erfolgt die Koordinatenberechnung des Punktes P_0 auf bekannte Weise.

Liegen die 4 Punkte auf einer Kreislinie, so ist $u_1 + u_3 = 180^0$ und $\operatorname{tg}\frac{1}{2}(u_1 + u_3) = \infty$, ferner $\sin u_1 = \sin(180 - u_1) = \sin u_3$ und dadurch wird $\dfrac{\sin u_3}{\sin u_1} = \operatorname{tg}\varphi = 1$, also $\varphi = 45^0$ und $\operatorname{cotg}(45^0 + \varphi) = \operatorname{cotg} 90^0 = 0$.

Liegt der vierte zu bestimmende Punkt innerhalb des durch die drei gegebenen Punkte gelegten Kreises, so ist diese Lage für seine Bestimmung am günstigsten, die Lage außerhalb dieses Kreises ist im allgemeinen ungünstiger und um so weniger günstig, je länger die Strahlen vom Punkte P_0 aus werden.

§ 124. Die erweiterte Pothenotsche Aufgabe. Kann man in der Fig. 264 von dem zu bestimmenden Punkte P_4 wohl nach P_3 und P_2, nicht aber nach P_1 sehen, so schaltet man den Punkt 5 ein, von dem man nach den Punkten 1, 2 und 4 sehen kann. Man mißt nunmehr die Winkel α, β, γ und δ und kann hieraus die Koordinaten der Punkte 4 und 5 finden.

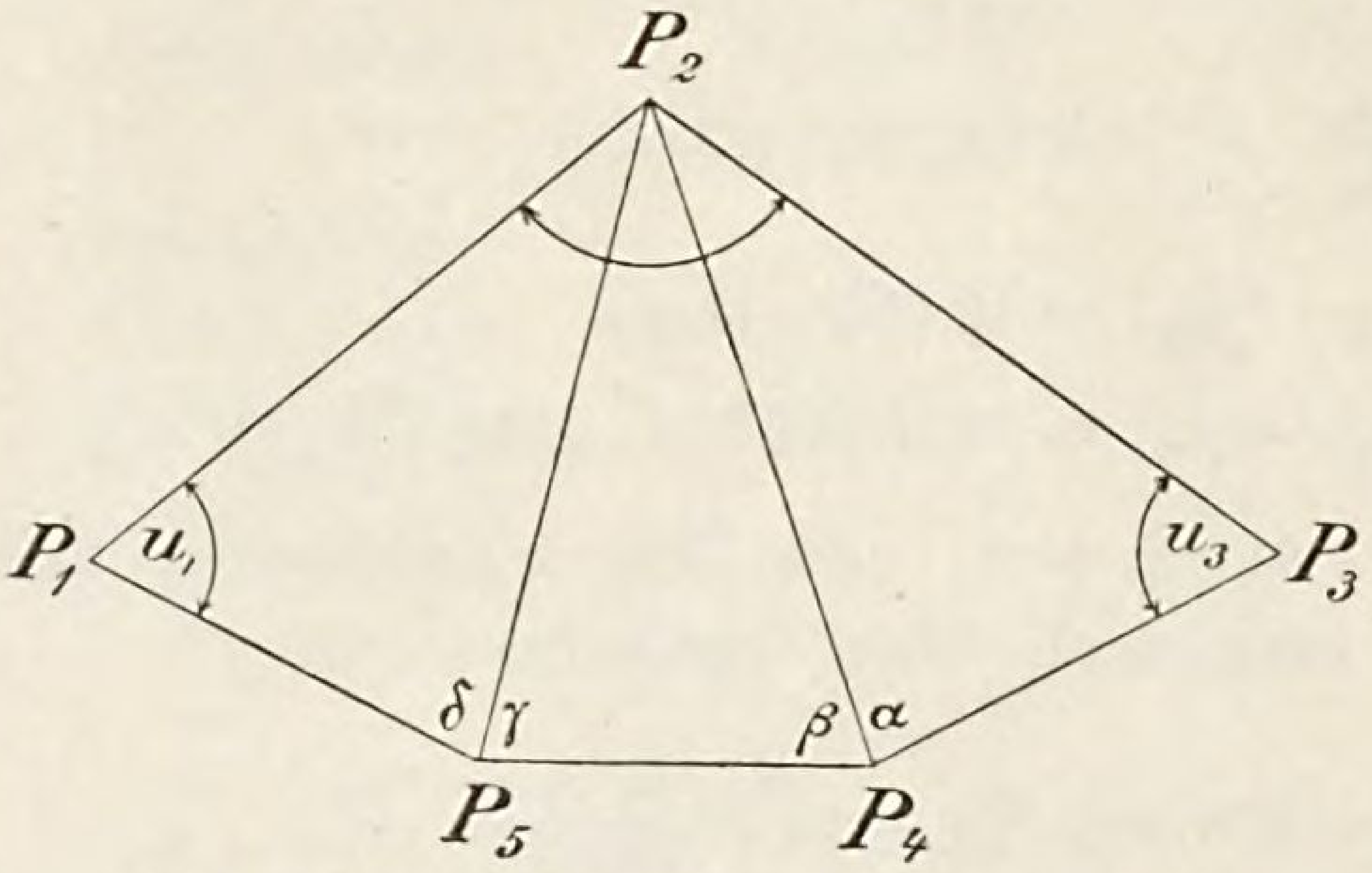


Fig. 264. Die erweiterte POTHENOTsche Aufgabe.

Durch wiederholte Anwendung des Sinussatzes erhält man

$$S_{23} : S_{24} = \sin\alpha : \sin u_3\,,$$
$$S_{24} : S_{25} = \sin\gamma : \sin\beta\;,$$
$$S_{25} : S_{21} = \sin u_1 : \sin\delta\,,$$

woraus $S_{23} : S_{21} = \sin u_1 \sin\alpha \,.\, \sin\gamma : \sin u_3 \sin\beta \,.\, \sin\delta$

oder $\dfrac{\sin u_3}{\sin u_1} = \dfrac{S_{21} \,.\, \sin\alpha \sin\gamma}{S_{23} \sin\beta \,.\, \sin\delta} = \operatorname{tg}\varphi$ (Hilfswinkel).

Hieraus folgt nach der im vorigen Paragraph gegebenen Entwickelung

$$\operatorname{tg}\tfrac{1}{2}(u_1 - u_3) = \operatorname{cotg}(45^0 + \varphi)\operatorname{tg}\tfrac{1}{2}(u_1 + u_3)\,,$$

worin $u_1 + u_3 = 2\,n\,R - 4\,R - (\alpha + \beta + \gamma + \delta + P_1 P_2 P_3)$.

Ist die Summe von $u_1 + u_3$ nahezu 180^0, oder ist der Unterschied zwischen u_1 und u_3 sehr klein, so wird die Berechnung nicht sehr scharf. Im ersten Falle wird $\frac{1}{2}(u_1 + u_3)$ nahezu 90^0 und im zweiten $\operatorname{tg}\varphi$ nahezu 1, also φ wird fast 45^0 und $45^0 + \varphi$ nahezu 90^0, wo die Kotangente rasch ändert.

Kann man durch Einschaltung des einen Punktes (P_5) seinen Zweck nicht erreichen, so schaltet man noch einen oder mehrere Punkte ein. Die Berechnung ist dieselbe.

Zur Probe berechnet man die Winkel bei P_2, deren Summe gleich dem gegebenen Winkel $P_1 P_2 P_3$ sein muß.

§ 125. Das mehrfache Rückwärtseinschneiden eines Punktes. Kann man von dem zu bestimmenden Punkte P_0 eine größere Anzahl von Festpunkten anzielen, so wird man dies thun, um aus der wiederholten Bestimmung einen genaueren Wert für die Koordinaten des Punktes P_0 zu erhalten.

Zur wiederholten Berechnung kann man je drei Punkte herausgreifen und bei 5 angezielten Punkten wird man schon 10 verschiedene Kombinationen zu je drei Punkten bilden können.

Diese Berechnung ist mühsam und das gefundene arithmetische Mittel, selbst wenn man die Gewichte der einzelnen Bestimmungen einführt, liefert doch nicht den wahrscheinlich besten Wert.

Hier wird die Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate, die sonst wegen zu weitläufiger Rechnung in der praktischen Markscheidekunkt nicht angewendet wird, gute Dienste thun. Vergleiche das Beispiel in F. G. Gauss, die trigonom. und polygonom. Rechnungen in der Feldmeßkunst S. 125ff. der ersten Auflage.

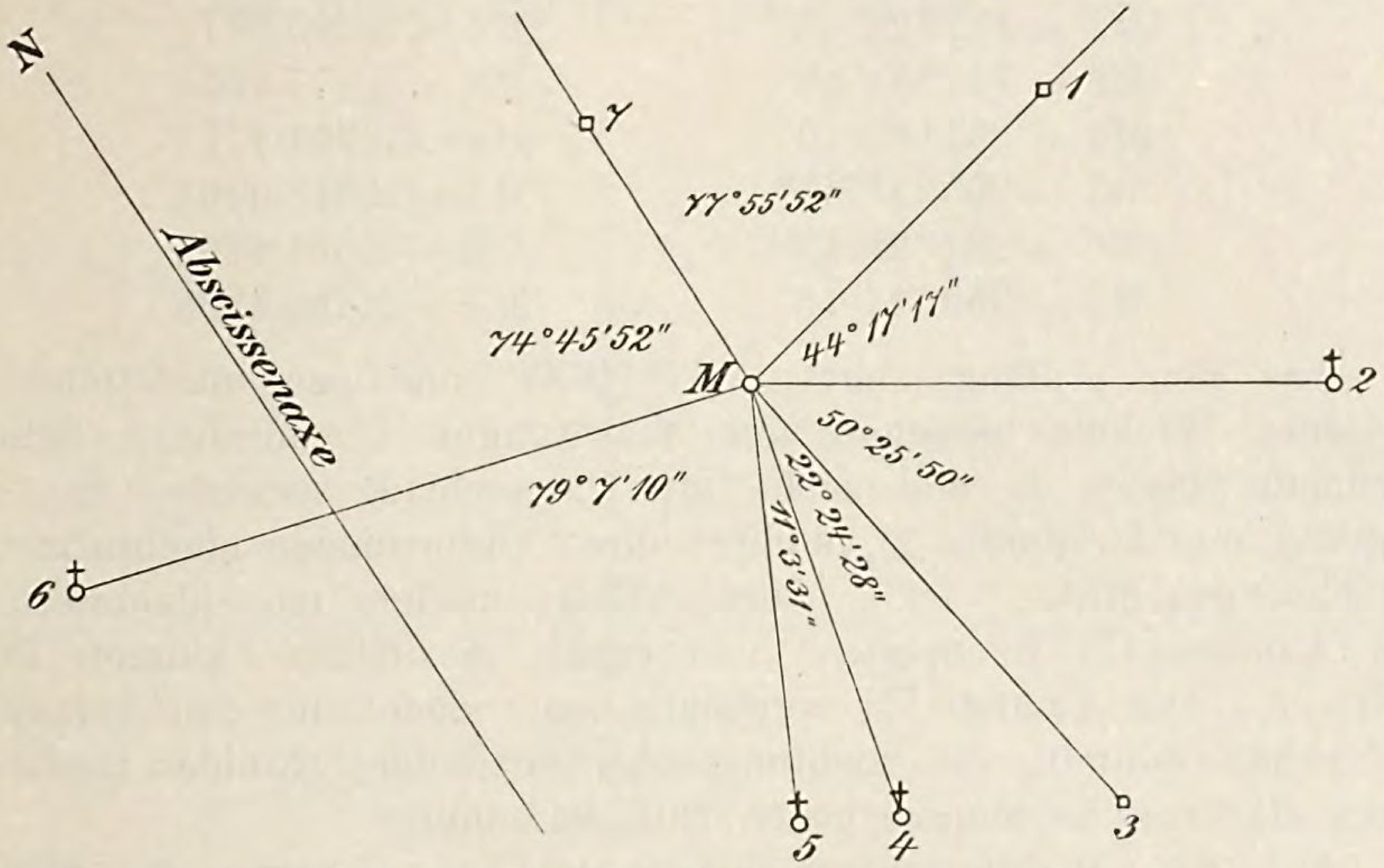


Fig. 265. Rückwärtseinschneiden aus mehreren Punkten.

Die graphische Ausgleichung liefert auch hierbei in den meisten Fällen gute Ergebnisse. Das nachstehende Beispiel diene zur Erläuterung des Verfahrens.

Gegeben sind 7 Festpunkte. Gemessen wurden auf dem Punkte M die in die Fig. 265 eingeschriebenen Winkel.

Die Koordinaten der angezielten Punkte sind:

	O.	A.
1.	+ 1221,640	+ 1315,482
2.	+ 1740,877	+ 561,503
3.	+ 870,685	+ 13,258
4.	+ 481,195	+ 330,690
5.	+ 347,430	+ 449,024
6.	− 412,671	+ 1485,200
7.	+ 698,294	+ 1484,877

Behuf graphischer Ausgleichung berechnet man zunächst aus den 3 günstigsten Punkten die Koordinaten des Aufstellungspunktes M, nämlich aus 6, 1 und 3

$$= + \;702{,}122 \qquad + \;1197{,}247\,.$$

Aus diesen vorläufigen Koordinaten und aus den Koordinaten der angezielten Punkte 1 bis 6 berechnet man die Azimute $M1$, $M2$ u. s. w.

und die Längen der Strahlen (S) $M1$, $M2$ u. s. w. von M nach den Punkten 1 bis 7, nach den Formeln:

$$\operatorname{tg} N = \frac{y_0 - y_1}{x_0 - x_1} \quad \text{und} \quad S = \frac{y_0 - y_1}{\sin N}.$$

I. $M1$	$= 77^0\,10'\,43''$	$\log SM1$	$= 2{,}726\,5664$
$M2$	$= 121^0\,28'\ \ 4''$	$M2$	$= 3{,}085\,5971$
$M3$	$= 171^0\,53'\,50''$	$M3$	$= 3{,}077\,7054$
$M4$	$= 194^0\,18'\,10''$	$M4$	$= 2{,}951\,4717$
$M5$	$= 205^0\,21'\,47''$	$M5$	$= 2{,}918\,0496$
$M6$	$= 284^0\,28'\,59''$	$M6$	$= 3{,}061\,2195$
$M7$	$= 359^0\,14'\,15''$	$M7$	$= 2{,}458\,8725$

Aus dem Anfangsazimut $= 77^0\,10'\,43''$ und den unmittelbar gemessenen Winkeln berechnet man die Azimute II sämtlicher Strahlen nochmals (Spalte 1) und suche die Unterschiede zwischen den Azimuten I und II (Spalte 2), addiere diese Unterschiede algebraisch und berechne das Mittel ($-$ 6″). Dieses Mittel addiere man algebraisch zu den Azimuten II in Spalte 1 und erhält die dritten Azimute III in Spalte 3. Die Azimute III vergleiche man wieder mit den Azimuten I und erhält dadurch die Richtungsunterschiede der Strahlen (Spalte 4), deren algebraische Summe gleich Null sein muß.

Aus den Richtungsunterschieden und den Längen der Strahlen $M1$, $M2$, $M3$ u. s. w. berechnet man die rechtwinkeligen Abstände, in dem die einzelnen Strahlen an dem durch die vorläufigen Koordinaten (+ 702,122 + 1197,247) bestimmten Punkte vorbei gehen (Spalte 5)

z. B.	$\log M1 = 2{,}726\,5664$	$\log M2 = 3{,}085\,5971$
	$\log \sin 6'' = 5{,}463\,7261$	$\log \sin 10'' = 5{,}685\,5749$
	$8{,}190\,2925$	$8{,}771\,1720$
	Abstand = + 0,016 m	Abstand = + 0,059

	1			2		3			4	5
	Azimute II			Unterschiede zwischen I u. II		Azimute III (II − 6″)			Unterschiede zwischen I u. III	Rechtwinkelige Abstände der Strahlen von M
	Gr.	M.	S.			Gr.	M.	S.		
N_{01}	77	10	43	0″	$NM1$	77	10	37	+ 6″	+ 0,016 m
N_{02}	121	28	—	+ 4″	$NM2$	121	27	54	+10″	+ 0,059 „
N_{03}	171	53	50	− 0″	$NM3$	171	53	44	+ 6″	+ 0,035 „
N_{04}	194	18	18	− 8″	$NM4$	194	18	12	− 2″	− 0,009 „
N_{05}	205	21	49	− 2″	$NM5$	205	21	43	+ 4″	+ 0,017 „
N_{06}	284	28	59	− 0″	$NM6$	284	28	53	+ 6″	+ 0,033 „
N_{07}	359	14	51	−36″	$NM7$	359	14	45	−30″	− 0,042 „
				−42″					0″	

$$-\frac{42}{7} = 6''$$

Nun konstruiere man die Schnittfigur dergestalt, daß man den Punkt M in den Durchschnittspunkt des Achsenkreuzes legt und die Azimute III von dem nördlichen Zweige der Abszissenrichtung ausgehend aufträgt (Fig. 266 in $^1/_2$ der natürlichen Größe). Dann ziehe man in den berechneten Abständen (Spalte 5) Parallelen zu $M1$, $M2$, $M3$ u. s. w., in der Weise, daß man die Parallele, wenn der Abstand

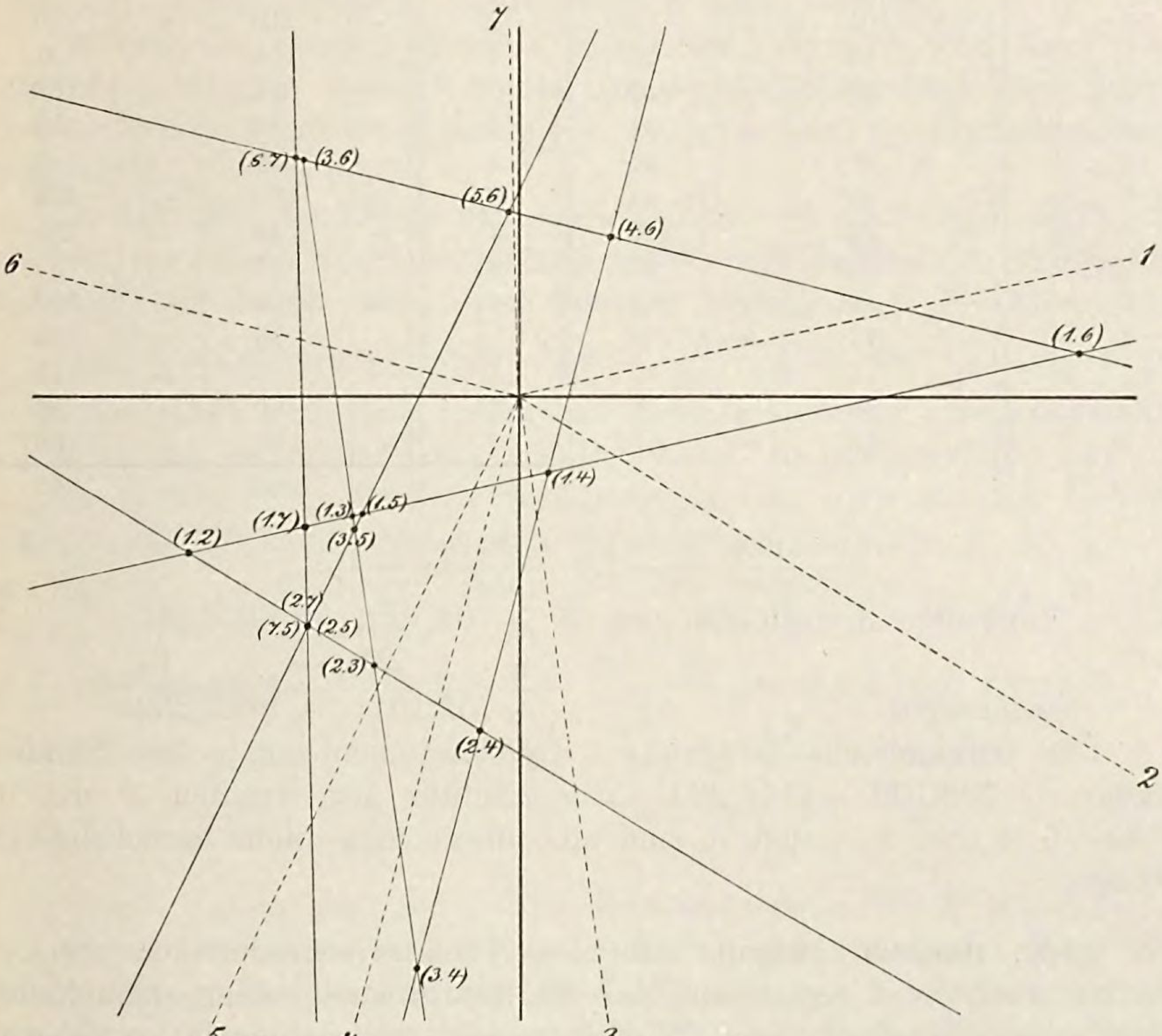


Fig. 266. Schnittfigur zum Rückwärtseinschneiden.

positiv ist, von M aus gesehen zur rechten Seite, wenn der Abstand negativ ist, zur linken Seite des betreffenden Schenkels zieht. Diese Parallelen verlängert man so weit, daß sie sich alle schneiden und nimmt aus der Figur mit dem Zirkel die Koordinaten aller Schnittpunkte, multipliziert sie mit der Gewichtszahl, die von der Größe des Schnittwinkels der beiden jedesmal in Betracht kommenden Strahlen abhängt, und nimmt daraus das arithmetische Mittel, welches die an den vorläufigen Koordinaten von M anzubringende Verbesserung ist.

Schnitt der Strahlen	Mit dem Zirkel abgegriffene Koordinaten der Schnittpunkte				Gewichtszahlen der Schnitte	Mit den Gewichtszahlen multiplizierte Koordinaten			
	+ –	O. mm	+ –	A. mm		+ –	O. mm	+ –	A. mm
1 u. 2	–	62	–	31	3	–	186	–	93
1 „ 3	–	32	–	24	5	–	160	–	120
1 „ 4	+	5,5	–	15,5	4	+	22	–	62
1 „ 5	–	30	–	24	3	–	90	–	72
1 „ 6	+	105	+	8	2	+	210	+	16
1 „ 7	–	41	–	26	4	–	164	–	104
2 „ 3	–	28	–	52	3	–	84	–	156
2 „ 4	–	7	–	64	4	–	28	–	256
2 „ 5	–	40	–	44	4	–	160	–	176
2 „ 7	–	40	–	44	3	–	120	–	132
3 „ 4	–	20	–	110	2	–	40	–	220
3 „ 5	–	32	–	26	2	–	64	–	52
3 „ 6	–	41	+	45	4	–	164	+	180
4 „ 6	+	17	+	30	5	+	85	+	150
5 „ 6	–	2	+	35	4	–	8	+	140
5 „ 7	–	40	–	44	2	–	80	–	88
6 „ 7	–	43	+	45	4	–	172	+	180
					58	–	1203	–	865

$$\frac{-1203}{58} = -21 \qquad \frac{-865}{58} = -15.$$

Vorläufige Koordinaten von *M*	+ 702,122	+ 1197,247
	– 21	– 15
Verbesserte „ „ „	+ 702,101	+ 1197,232.

Das arithmetische Mittel aus 7 Kombinationen von je drei Punkten ergiebt + 702,108 + 1197,220. Die Schnitte der Strahlen 2 und 6, 3 und 7, 4 und 5, 4 und 7, sind als unbrauchbar nicht berücksichtigt worden.

§ 126. **Hansens Aufgabe** oder das Rückwärtseinschneiden zweier Punkte nach zwei gegebenen lehrt die Koordinaten zweier zugänglicher Punkte ausschließlich durch Winkelmessung zu bestimmen, wenn man aus diesen beiden Punkten nach zwei ihren Koordinaten nach bekannten, aber unzugänglichen Punkten (etwa Turmspitzen) sehen kann.

Diese dem Markscheider selten vorkommende Aufgabe ist hier nicht abgehandelt und es wird auf die Lehrbücher der Geodäsie, sowie auf das oft genannte Buch von F. G. Gauss hingewiesen.

Die Aufgabe kann auch als ein besonderer Fall des Einkettens aufgefaßt und nach § 118 gelöst werden.

§ 127. Vermag der Markscheider nicht an ein gegebenes Dreiecksnetz der Landesaufnahme anzuschließen, so ist er genötigt ein unabhängiges Dreiecksnetz zu legen, das in den meisten Fällen nur eine geringe Ausdehnung haben wird.

Wenn die Oberflächenverhältnisse es gestatten, so überspanne man die ganze Fläche mit einem einzigen großen möglichst gleichseitigen Dreiecke, dessen Winkel genau und überzählig oft gemessen werden. Eine Seite dieses Hauptdreieckes wird nach S. 210 Fig. 251 zur Rechnungsbasis gemacht und die Lage der drei Punkte durch Koordinaten bestimmt. Die Eckpunkte dieses Dreiecks sind im Vergleich mit dem früher Gesagten Punkte erster Ordnung, woran die Punkte niederer Ordnung in der besprochenen Weise angeschlossen werden.

Reicht ein einziges Dreieck nicht aus, so wird man zwei oder mehrere Dreiecke erster Ordnung aneinanderreihen und zwei Seiten dieses Netzes entweder unmittelbar messen oder als Rechnungsbasis bestimmen.

Leitet man die Länge der zweiten Basis aus der ersten Basis ab, so wird der durch Rechnung gefundene Wert Br infolge der unvermeidlichen Fehler immer etwas von dem gemessenen Wert Bm abweichen. Der Quotient dieser beiden Werte $\frac{Bm}{Br} = q$, ist der Verbesserungskoëffizient, mit dem alle vorläufigen Koordinaten der Dreieckspunkte, die man aus der ersten Basis erhalten hatte, zu multiplizieren sind.

Bequemer führt man die Berechnungen aus, wenn man nur die Verbesserungen ermittelt, welche den vorläufigen Koordinaten $\mathfrak{x}_1$, $\mathfrak{x}_2$, $\mathfrak{x}_3$... $\mathfrak{y}_1$, $\mathfrak{y}_2$, $\mathfrak{y}_3$... zuzufügen sind, um die endgültigen x_1, x_2, x_3 ... y_1, y_2, y_3 ... zu erhalten.

Dies geschieht, wenn $q - 1 = \frac{Bm - Br}{Br}$ ist, nach den Formeln:

$$\begin{aligned} y_1 &= \mathfrak{y}_1 + (q-1)\mathfrak{y}_1, & x_1 &= \mathfrak{x}_1 + (q-1)\mathfrak{x}_1 \\ y_2 &= \mathfrak{y}_2 + (q-1)\mathfrak{y}_2, & x_2 &= \mathfrak{x}_2 + (q-1)\mathfrak{x}_2 \\ &\text{etc.} & &\text{etc.} \end{aligned}$$

Vergl. Gauss, trig. und polyg. Messungen Seite 153 ff. (1. Aufl.)

Dieses Verfahren wird in den einfachen Fällen und auch dann ausreichen, wenn der Markscheider ein Kettennetz zur Bestimmung zweier wichtiger bergmännischer Punkte, z. B. zum Zweck einer Durchschlagsangabe, gelegt hat. Bei einem ausgedehnteren Gruppennetze sind andere Ausgleichsverfahren einzuschlagen, die ausführlich dargelegt sind von J. H. Franke, „Die Dreiecksnetze vierter Ordnung als Grundlagen geodätischer Detail-Aufnahmen“, München 1871, und vom Prof. G. Ziegelheim, „Über die Ausgleichung trigonometrischer Kleinnetze“ (Leobener Berg- und hüttenmännisches Jahrbuch 1884, 22. Band).

Die Dreieckspunkte sind vor der Messung mit Steinen zu bezeichnen, welche so tief unter die Oberfläche des Erdbodens zu versenken sind, daß sie vor allen Verletzungen und Verschiebungen geschützt sind. In sandigem oder weichem Boden wird der Punkt noch dadurch gesichert, daß er auf einer Steinplatte bezeichnet ist, die in zweckmäßiger Tiefe unter dem Steine versenkt liegt.

§ 128. **Die Polygonmessungen. Allgemeines.** Die Polygonmessung über Tage soll im engsten Anschlusse an die gegebenen Dreieckspunkte das Netz der festen Punkte vervollständigen.

Man unterscheidet Hauptpolygonzüge und Nebenpolygonzüge.

Die Hauptpolygonzüge sollen stets von einem Dreieckspunkte ausgehen und in einem solchen enden.

Hierbei sind stets die Anschlußwinkel zu messen, d. h. die Winkel, welche die erste und die letzte Polygonseite mit einer Dreiecksseite einschließen. Bei den Hauptpolygonen ist die gestreckte Form möglichst anzustreben. Häufig treffen sich die von verschiedenen Dreieckspunkten ausgehenden Hauptpolygonzüge in dem gemeinschaftlichen Knotenpunkte. Soviel es sich mit den obigen Grundsätzen vereinbaren läßt, sollen die Seiten der Hauptpolygone so gelegt werden, daß die Stück- oder Einzelvermessung daran angeschlossen werden kann. Für das Legen der Nebenpolygonzüge, welche Punkte der Hauptpolygone verbinden, ist ausschließlich die Rücksicht auf die Stückvermessung maßgebend.

Zur Herstellung des einer Aufnahme zu Grunde liegenden Netzes wird die Polygonmessung über Tage nur ausnahmsweise angewendet, und dann nur für Flächen von geringem Umfange und in nicht übersichtlichem, z. B. bewaldetem Gelände. Hierbei werden immer geschlossene Polygone aneinandergereiht in den mannigfaltigsten Anordnungen. (Umfangmessungen.)

Unter Tage dagegen bei den eigentlichen Markscheiderarbeiten muß die Polygonmessung immer die Grundlage der Aufnahmen abgeben.

Eine Prüfung der unterirdischen Polygonzüge, wie sie über Tage der Anschluß an die Dreieckspunkte gewährt, kann nur dann erfolgen, wenn die Grubenräume durch viele und weit voneinander enfernte Schächte mit der Tagesoberfläche in Verbindung stehen. Leider wird bei dem immer mehr in die Tiefe hinabgehenden Bergbau die Anzahl der kostspieligen Schächte geringer, ferner schließen sich die Gruben-Polygone nicht immer, und gerade bei den wichtigsten mit großer Verantwortung verbundenen Arbeiten sind offene Polygonzüge zu vermessen, die man über Tage fast immer vermeiden kann.

§ 129. **Das Verfahren der Messung, die Berechnung der Polygone und die Ausgleichung der Fehler in Polygonen** sind sowohl über Tage als in der Grube in den Hauptsachen gleich und sollen zunächst im allgemeinen behandelt werden. Erst später wird von den Grubenmessungen im besonderen die Rede sein.

Die Polygonmessung zerfällt in Längen- und Winkelmessung.

Die Längenmessung wird meistens mit dem Stahlmeßbande aus-

geführt, bei wichtigen Arbeiten in der Grube auch mit Stäben an der gespannten Schnur entlang. (Vergl. das Kapitel über Längenmessung.)

Die Winkelmessung geschieht mit dem Theodoliten oder mit der Bussole (Kompaß). Mit dem Theodoliten werden die Brechungswinkel oder Polygonwinkel, mit der Bussole die Streichwinkel der einzelnen Seiten gemessen. (Vergl. das im § 131 zu Fig. 269 Gesagte.)

§ 130. Die Berechnung der Polygone. Ein zweckmäßiges Formular für Berechnung eines Polygons ist bei der Fehlerausgleichung auf Seite 235 angewendet.

Außerdem findet sich zu § 136 auf Seite 240 die Berechnung eines geschlossenen Polygones nach einem einfacheren Formulare.

Bei Ausführung der Rechnungen bedenke man, daß jeder Fehler in der Rechnung sich fortpflanzt.

Die Rechnung ist deshalb stets zweimal und getrennt auszuführen und zwar, wenn nicht gleichzeitig von zwei verschiedenen Personen, so doch von derselben Person in längeren Zeitabständen.

Die Prüfung der abgeleiteten Azimute ist schon auf S. 206 besprochen.

Die Richtigkeit der Koordinaten, die nach und nach durch algebraische Addition der Teilkoordinaten entstehen, prüft man dadurch, daß man z. B. alle Teilkoordinaten addiert und zum ersten y hinzufügt, dann muß man das letzte y erhalten.

Zur Prüfung berechnet man offene Polygonzüge auch wohl zum zweiten Male in umgekehrter Ordnung vom Endpunkte der ersten Berechnung zum Anfangspunkte.

Geschlossene Polygone zerlegt man sich (vergl. Beispiel § 136) in zwei möglichst gleiche Hälften und berechnet von einem Punkte ausgehend beide Zweige in verschiedenen Richtungen bis zu einem gemeinschaftlichen Schlußpunkte.

§ 131. Die Fehler in den Polygonzügen. Der Besprechung der Fehler ist die Bedeutung einiger Zeichen vorauszuschicken. In Fig. 267 möge das ausgezogene Polygon von a bis b die wirkliche Lage, die punktierte Linie von a bis e die Lage des Zuges angeben, die man aus den unverbesserten (die Messungsfehler enthaltenden) Teilkoordinaten erhalten hat.

Die einzelnen unverbesserten Teilordinaten bezeichnet man mit $\varDelta\mathfrak{y}_1$, $\varDelta\mathfrak{y}_2$. . ., die Teilabszissen mit $\varDelta\mathfrak{x}_1$, $\varDelta\mathfrak{x}_2$ Die Summen der Teilordinaten bezw. Teilabszissen deuten die eckigen Klammern an $[\varDelta\mathfrak{y}]$ oder $[\varDelta y]$, bezw. $[\varDelta\mathfrak{x}]$ und $[\varDelta x]$, fy ist der Fehler in der Ordinatensumme, fx der Fehler in der Abszissensumme, $fs = \sqrt{fy\,fy + fx\,fx}$ ist

der lineare Schlußfehler. Für den Gesamtlängenfehler wird häufig noch eine Bezeichnung eingeführt (in Fig. 267 *f*). Die an den Teilkoordinaten anzubringenden Verbesserungen werden mit den Buchstaben v_1, v_2 . . . für die Ordinaten, w_1, w_2 . . . für die Abszissen bezeichnet.

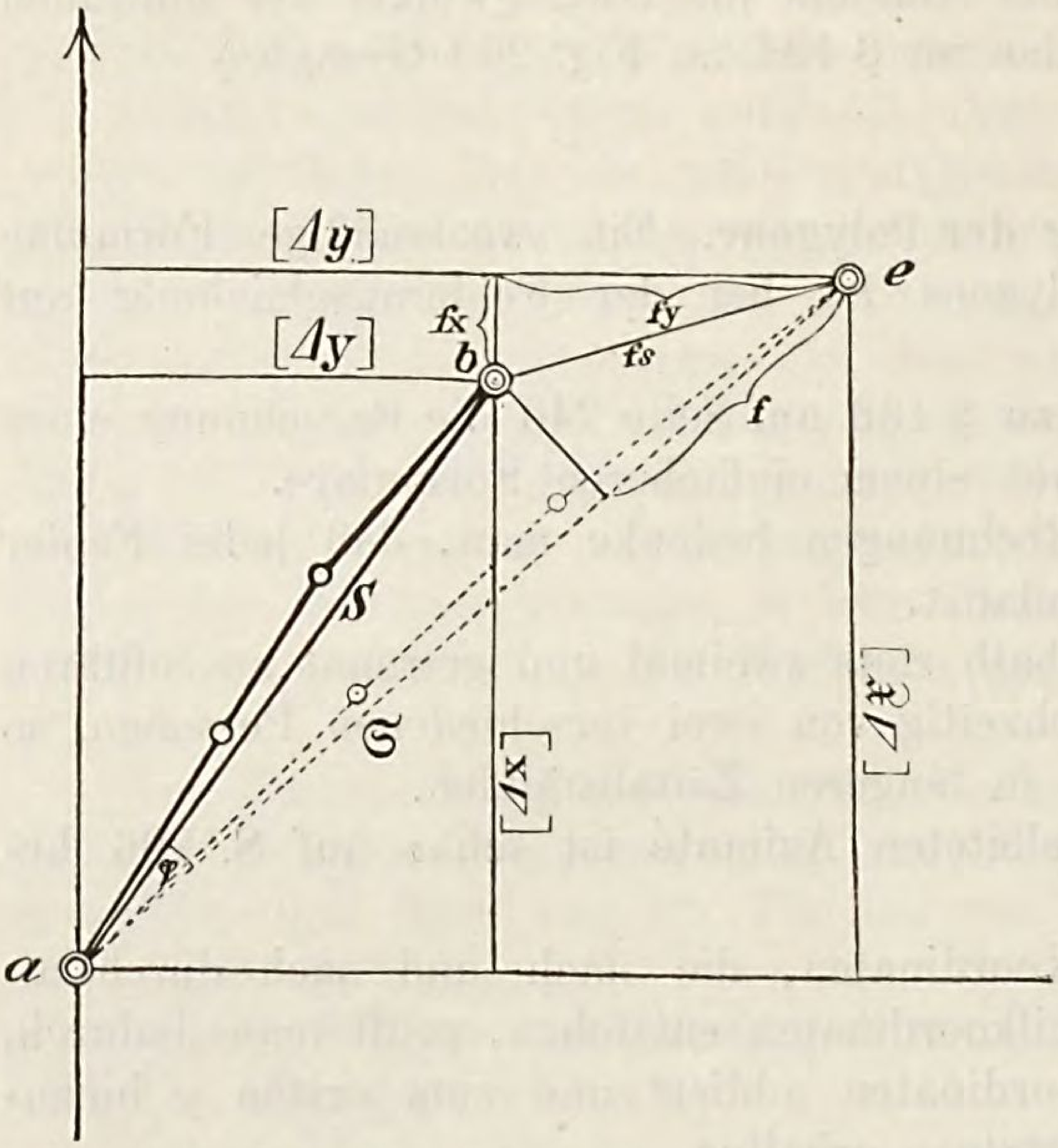


Fig. 267. Bezeichnung der Fehler in Polygonzügen.

Den Ergebnissen der Polygonmessung werden stets größere oder kleinere Unrichtigkeiten anhaften, die von den während der Messung gemachten Fehlern herrühren.

Die Fehler sind zum Teil vermeidliche, zum Teil unvermeidliche. Die ersteren sind solche, die durch fehlerhafte Instrumente und durch Unachtsamkeit entstehen, die anderen, die unvermeidlichen Fehler, haben ihre Quelle darin, daß die Meßinstrumente nie ganz vollständig berichtigt werden können und auch während des Messens ihren Zustand verändern, ferner in der Unvollkommenheit der menschlichen Sinnesorgane, mit denen die Beobachtungen ausgeführt werden.

Den vermeidlichen Fehlern kann man ausweichen, die unvermeidlichen müssen nach bestimmten Methoden so ausgeglichen werden, daß aus den gewonnenen Ergebnissen der wahrscheinlichste Wert gefunden wird.

Es ist nicht immer leicht zu bestimmen, ob ein Schlußfehler von vermeidlichen oder von unvermeidlichen Fehlern herkommt.

Einzelne grobe vermeidliche Fehler lassen sich, wenn im übrigen nur unvermeidliche Fehler vorliegen, zuweilen auffinden.

1. Einfluß einer unrichtig gemessenen Länge. Ist eine Länge falsch gemessen, so werden alle folgenden Polygonpunkte parallel der Richtung dieser falsch gemessenen Linie um die Fehlerlänge verschoben. Ist das Polygon ein geschlossenes, oder schließt es an einen durch seine Koordinaten gegebenen Punkt an, so wird man den Schlußfehler, namentlich wenn er bedeutend ist, z. B. einer Bandlänge gleich ist, darauf zu prüfen haben, ob die Verschiebung parallel einer Polygonseite stattgefunden hat. Hierdurch ist es möglich, wenn der Zug nicht ein gestreckter ist, die verdächtige Seite aufzufinden und nachzumessen.

2. Der Einfluß eines falsch gemessenen Winkels.

War zur Messung der Winkel der Theodolit angewendet, so wird die Folge sein, daß der ganze folgende Zugteil um den Punkt *A*, wo der Fehler begangen war, als Drehpunkt eine dem Fehlerwinkel entsprechende Schwenkung macht. In Fig. 268 ist *ABCD* die richtige Lage des Zuges, *Abcd* die falsche Lage. Die Abstände der mit gleichen Buchstaben bezeichneten Punkte, werden immer größer d. h. die aus dem falsch gemessenen Winkel entspringenden Fehler wachsen proportional der Zuglänge. Das eine falsche Azimut macht alle nachfolgenden Azimute ebenfalls falsch.

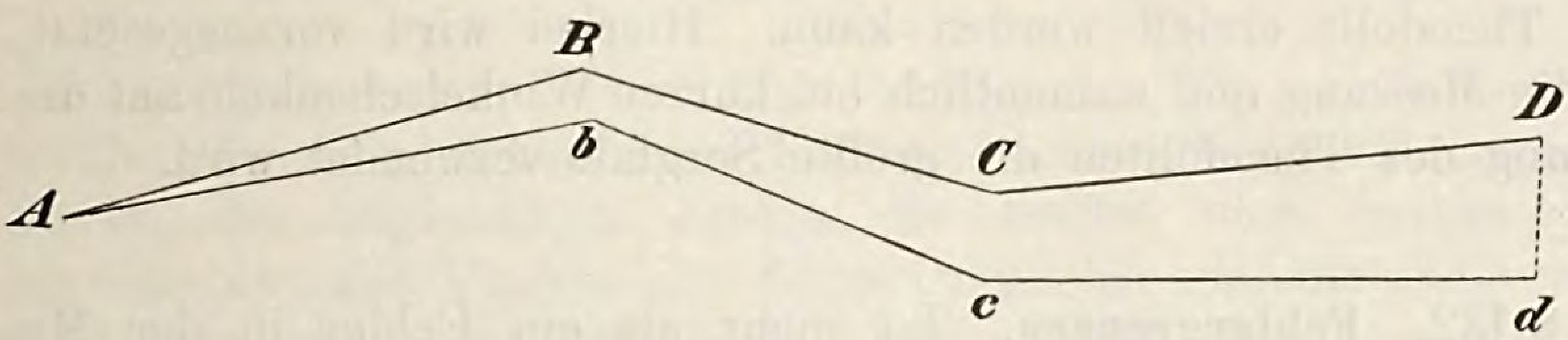


Fig. 268. Folgen eines Winkelfehlers im Theodolitzuge.

Ist das Polygon ein geschlossenes, oder schließt es an einen festen Punkt an, so versucht man mit einer auf Pauspapier gefertigten Kopie des zugelegten Zuges, ob durch Drehung des Polygonteiles um einen Polygonpunkt der durch die Messung gefundene Schlußpunkt auf den gegebenen Schlußpunkt gebracht werden kann.

War ein Winkel mit der Bussole falsch gemessen, so wird, da jeder Streichwinkel unabhängig vom vorhergehenden ermittelt wird, nur eine parallele Verschiebung des ganzen folgenden Zugstückes herbeigeführt.

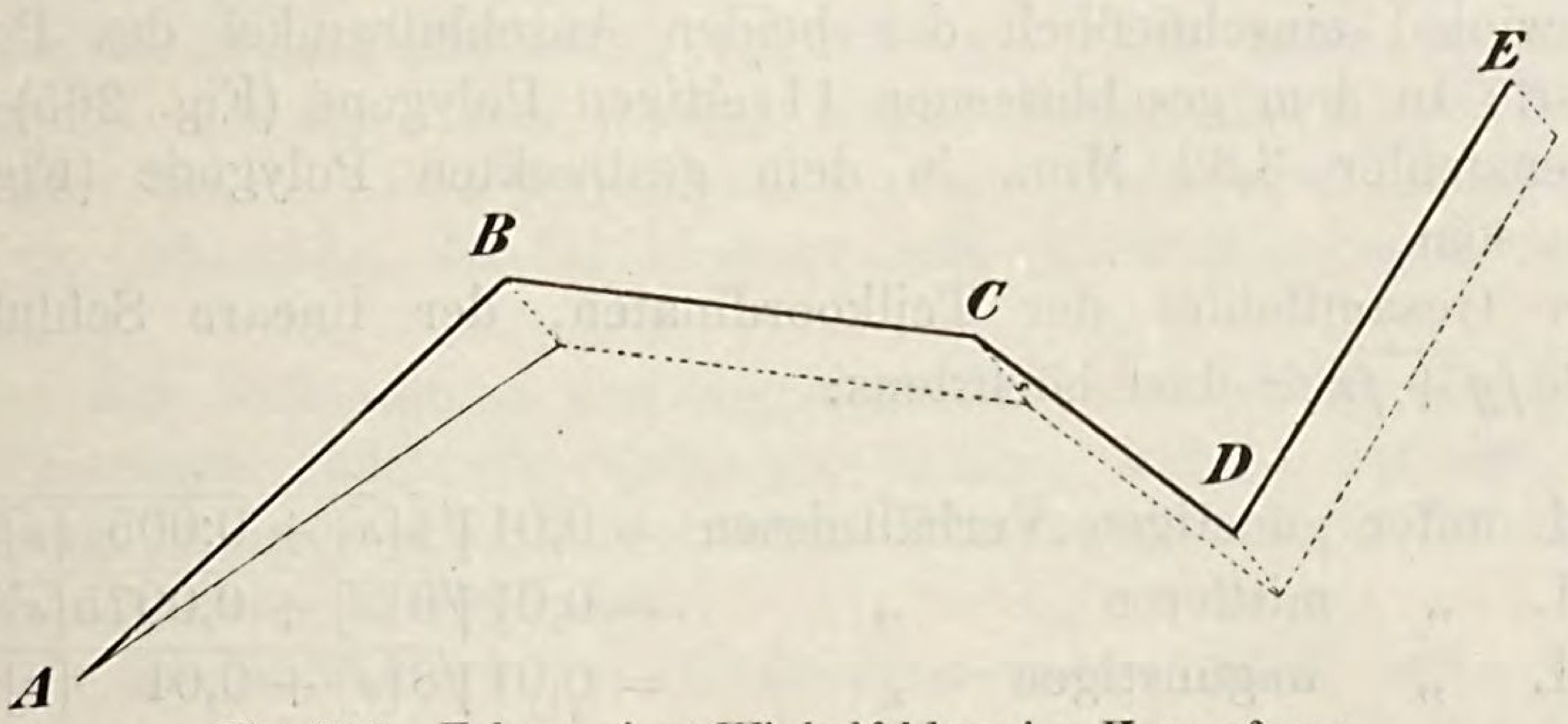


Fig. 269. Folgen eines Winkelfehlers im Kompaßzuge.

In Fig. 269 ist *ABCDE* die richtige Lage. Die infolge des bei *A* falsch gemessenen Streichwinkels unrichtige Lage ist durch punktierte Linien angedeutet. Der Fehler in dem einen Streichwinkel beeinflußt das Azimut von *AB*, nicht aber die Azimute der folgenden Seiten.

Ein solcher Fehler läßt sich durch obigen Versuch nicht auffinden.

Hiernach scheint die Anwendung der Bussole bei Polygonmessungen vor der des Theodoliten den Vorzug zu verdienen, da außerdem noch die Bequemlichkeit hinzutritt, daß man mit der Bussole mit Springständen arbeiten kann, d. h. daß es nicht notwendig ist, sich wie mit dem Theodoliten auf jedem einzelnen Polygonpunkte aufzustellen. Man überspringt immer einen Punkt und zielt vom Aufstellungspunkte erst das rückwärts und dann das vorwärts liegende Signal an.

Aber selbst wenn alle Sorgfalt auf die Ausscheidung der Fehler gelegt wird, die durch die Variationen entstehen können, so bleibt die mit der Bussole erreichbare Genauigkeit doch hinter der zurück, die mit dem Theodolit erzielt werden kann. Hierbei wird vorausgesetzt, daß auf die Messung und namentlich bei kurzen Winkelschenkeln auf die Zentrierung des Theodoliten die größte Sorgfalt verwendet wird.

§ 132. **Fehlergrenzen.** Ist mehr als ein Fehler in der Messung vorgefallen, so werden die beiden besprochenen immerhin etwas rohen Untersuchungen nicht ausreichen, oder höchstens annähernd, wenn einer der Fehler sehr überwiegt.

Ist der Schlußfehler einer Messung so groß, daß man ihn nicht mehr auf unvermeidliche Ursachen zurückführen darf, so ist die Messung zu wiederholen. Die Grenze der unvermeidlichen Fehler für Polygonmessungen hat man durch Erfahrungen ermittelt und z. B. für das Katasterwesen im preußischen Staate (Anweisung IX § 39) folgendes festgesetzt:

Der Gesamtwinkelfehler eines geschlossenen Polygons oder eines Polygonzuges zwischen zwei gegebenen Dreieckspunkten soll den Betrag von $1{,}5\sqrt{n}$ Minuten nicht übersteigen, worin n die Anzahl der Polygonwinkel einschließlich der beiden Anschlußwinkel des Polygonzuges ist. In dem geschlossenen 11seitigen Polygone (Fig. 265) würde der Grenzfehler 3,32 Min., in dem gestreckten Polygone (Fig. 270) 2,4 Min. sein.

Der Gesamtfehler der Teilkoordinaten, der lineare Schlußfehler $fs = \sqrt{fy\,fy + fx\,fx}$ darf höchstens:

I.	unter günstigen Verhältnissen		$= 0{,}01\sqrt{4[s] + 0{,}005\,[s]^2}$
II.	„ mittleren	„	$= 0{,}01\sqrt{6[s] + 0{,}0075[s]^2}$
III.	„ ungünstigen	„	$= 0{,}01\sqrt{8[s] + 0{,}01\,[s]^2}$

sein, in welchen Formeln $[s]$ die Summe der Seitenlängen bedeutet. Die Formeln würden im geschlossenen Polygon (Fig. 271) für jeden der 3 Fälle bezw. 0,4, 0,5, 0,58 m, und im Polygonzug (Fig 264) bezw. 0,68, 0,83, 0,96 m ergeben.

Die allgemeinen in dieser Beziehung veralteten Vorschriften für die

Markscheider im preußischen Staate vom 21. Dez. 1871 verlangen bei Präzisionsmessungen eine Fehlergrenze von 1 : 1600 in der Länge und in der seitlichen Abweichung von 1 : 1000 bei Anwendung des Kompasses und 1 : 3000 bei Anwendung des Theodoliten. Bei den einfacheren Messungen wird nur die Hälfte der Genauigkeit verlangt.

Die Art und Weise der Fehlergrenzenbestimmung des Katasterwesens verdient den Vorzug. Die Grenzen selbst dürften für Markscheiderarbeiten etwas enger zu ziehen sein.

Werden die obigen Grenzen nicht überschritten, so dürfen die Fehler als unvermeidliche angesehen und nach bestimmten Methoden ausgeglichen werden.

§ 133. Die Ausgleichung von Fehlern in den Polygonzügen.

Durch die Augleichung werden die Fehler nicht weggeschafft, sondern nur auf alle Punkte des Zuges möglichst gleichmäßig verteilt, so daß die Anhäufung von Fehlern an einer Stelle vermieden wird.

Die Ausgleichung der Fehler in Polygonzügen ist ausführlich behandelt von F. G. Gauss, „trigon. und polygonom. Rechnungen“, von Franke, „die Grundlehren der trigonometrischen Vermessungen im rechtwinkeligen Koordinatensystem“, Leipzig 1879 und von Professor A. von Miller-Hauenfels, „die höhere Markscheidekunst“. Ferner sind in der Anweisung IX des preußischen Grundkatasters Beispiele gegeben.

Die meisten der in obigen Werken vorgeschlagenen Methoden sind etwas umständlich und mühsam und der Markscheider wird, wie ich aus eigener Erfahrung und aus Zuschriften von Fachgenossen weiß, in seinem engeren Berufskreise sehr selten in die Lage kommen, diese umständlichen Methoden anzuwenden. Ich halte es deswegen (abweichend von der ersten Auflage dieses Buches) für ausreichend, auf die obigen Werke zu verweisen und nur die einfacheren Ausgleichsverfahren zu behandeln, die für sorgsam ausgeführte Messungen auch ausreichen.

Vor der Behandlung des Gegenstandes sind einige Bemerkungen über diejenigen Umstände vorauszuschicken, welche auf die Fehlerentstehung in den markscheiderischen Messungen und in den rißlichen Darstellungen von Einfluß sind.

Die markscheiderischen Grubenmessungen muß man streng scheiden in zusammenhängende Züge und in stückweise aneinander gereihte Messungen. Die ersteren sind Präzisionsmessungen oder Durchschlagszüge, die anderen sind behufs rißlicher Darstellung der Grubenräume ausgeführt.

Der Grubenriß entsteht nach und nach. Er wird angelegt, sobald die ersten Grubenräume vorhanden sind, und die später aufgefahrenen

Strecken werden in gewissen Zeiträumen gemessen und auf dem Grubenrisse nachgetragen. Bei diesen Nachtragszügen muß an die früheren Messungen angeschlossen werden und ihre Richtigkeit ist wesentlich von der guten Erhaltung der alten Markscheiderzeichen abhängig.

Eine etwaige Verschiebung eines solchen Anschlußpunktes wirkt, wenn der Nachtragszug mit dem Kompaß erfolgte, wie ein Winkelfehler (vergl. Fig. 269 S. 229). Der Zug wird um so viel parallel mit sich selbst verschoben, als die Lage des Anfangspunktes im horizontalen Sinne sich geändert hat.

Müssen die Nachtragungen aber mit dem Theodoliten ausgeführt werden, so ist die gute Erhaltung der Anschlußpunkte viel wichtiger. Gewöhnlich werden, wenn nicht alle, jedenfalls doch die zwei oder drei letzten Winkelpunkte eines Zuges in der Firste fixiert, mit deren Hilfe der neue Zug sich gewissermaßen als Fortsetzung an die frühere Messung anschließt. Ist eines der Anschlußzeichen aus seiner ursprünglichen Lage gewichen und ist dadurch die Anschlußlinie um einen Winkel verschwenkt, so wird dies die in Fig. 268 auf S. 229 dargestellten Folgen haben.

Wenn nur ein einziges Anschlußzeichen vorhanden ist, so muß der Theodolitzug mittels des Magneten orientiert werden, da die Herholung vom Schachte, wo die Orientierung durch die Lotmethode erhalten wurde, zu zeitraubend sein würde.

Mit den jetzigen Hilfsmitteln können die Magnetorientierungen zwar bis zu großer Winkelgenauigkeit gebracht werden, wenn aber eine größere Anzahl solcher Orientierungen beim Nachtragen erforderlich ist, so nehmen sie bei Anwendung der besten Methoden sehr viel Zeit in Anspruch und verursachen solche Kosten, daß man sich mit einem einfacheren, aber auch weniger genauen Verfahren begnügt. Der durch die Orientierung verursachte Fehler vergrößert sich wie ein Winkelfehler proportional der Länge des Zuges. (Vergl. Fig. 268.)

Am sichersten wird ein mit dem Theodoliten ausgeführter Nachtragszug durch Einrechnung (vergl. § 171) orientiert, wenn seine beiden Endpunkte an zwei möglichst weit voneinander entfernte Markscheiderzeichen anschließen. Und dies geschieht auch dann noch, wenn beide Zeichen durch den Druck des Gebirges etwas verschoben sein sollten.

Ferner wirkt auf die Richtigkeit der Nachtragsmessungen sehr nachteilig, daß sie häufig während des Betriebes gemacht werden müssen. Durch die Förderung, durch den von den Sprengstoffen erzeugten Rauch u. dergl. werden Störungen herbeigeführt, welche ein genaues Messen beeinträchtigen und den Markscheider zu schnellem Arbeiten nötigen.

Aus dem Gesagten geht zur Genüge hervor, daß wenn nicht besonders günstige Umstände vorliegen, die Grubenrisse durch das nach und nach erfolgende Nachtragen leicht fehlerhaft werden.

Leider sind die günstigen Umstände, festes Nebengestein, das die Zeichen unversehrt erhält, und häufige Verbindung der Grubenräume mit der Tagesoberfläche, selten vorhanden. In den ausgedehnten Steinkohlengruben Westfalens, die meistens nur zwei nahe bei einander gelegene Schächte besitzen und wo selbst in den ausgemauerten Querschlägen und Strecken die Markscheiderzeichen nicht immer vor Verschiebungen geschützt sind, ist deshalb vorgeschrieben, von Zeit zu Zeit zusammenhängende Präzisionsmessungen durch die Grubenräume auszuführen, mit deren Hilfe die allmählich eingeschlichenen Fehler ausgemerzt werden können.

Die Fehlerbeurteilungen in den Grubenpolygonen können sich selbstverständlich nur auf solche ebenerwähnte zusammenhängende Polygonzüge beziehen oder auf die sogenannten Durchschlagszüge, die der Markscheider zur Angabe wichtiger technischer Anlagen auszuführen hat.

Bei der Ausgleichung der Fehler in den Polygonzügen haben wir drei Fälle zu unterscheiden:

1. der Polygonzug ist ein offener und nur der Anfangspunkt ist gegeben;

2. der Polygonzug ist ein offener und der Anfangs- und Endpunkt sind gegeben;

3. der Polygonzug ist ein geschlossener.

Zu 1. Offene Polygonzüge, von denen nur der Anfangspunkt gegeben ist, werden über Tage möglichst vermieden und wenn sie doch vorkommen, so haben sie nur eine geringe Ausdehnung; dagegen bestehen die Durchschlagszüge stets aus solchen offenen Polygonzügen. Sie sind bekanntlich immer wichtige und zum Teil mit großer Verantwortlichkeit verbundene Arbeiten, bei denen der höchste Grad der Genauigkeit verlangt wird. Der Markscheider muß sich deshalb hinreichende Gewißheit über die Richtigkeit seiner ersten Messung verschaffen und das kann bei solchen Polygonen nicht anders geschehen, als durch ein- oder mehrmalige Wiederholung desselben Zuges. Da bei Zug und Gegenzug mit demselben Instrumente und mit derselben Sorgfalt gearbeitet wird, so ist es wissenschaftlich vollkommen gerechtfertigt, wenn der Markscheider zur Ausgleichung etwa vorhandener Unstimmigkeiten das arithmetische Mittel aus den Schlußergebnissen aller Messungen nimmt und daraufhin seine Durchschlagsangaben macht.

§ 134. **Der offene Polygonzug mit gegebenem Anfangs- und Endpunkt** kommt sowohl über Tage als auch bei Grubenmessungen häufig vor. Hierbei sind zwei Fälle zu unterscheiden. Entweder lassen sich die beiden Anschlußwinkel der ersten und letzten Polygonseite messen oder nicht.

Die Anschlußwinkel sind gemessen.

Das Verfahren ergiebt sich aus dem nachstehenden Beispiele einer Tagemessung (Fig. 270).

Das Azimut der Dreiecksseite $as = 30^0\,15'\,20''$, der Seite $fg = 17^0 44'$—$''$. Der Anschlußwinkel $sab = 72^0\,3'\,30''$, $efg = 93^0\,12'\,30''$, und die Polygonwinkel sind der Reihe nach: bei $b = 163^0\,18'$—$''$, bei $c = 202^0\,21'\,25''$, bei $d = 152^0\,12'\,15''$, bei $e = 204^0\,22'\,30''$.

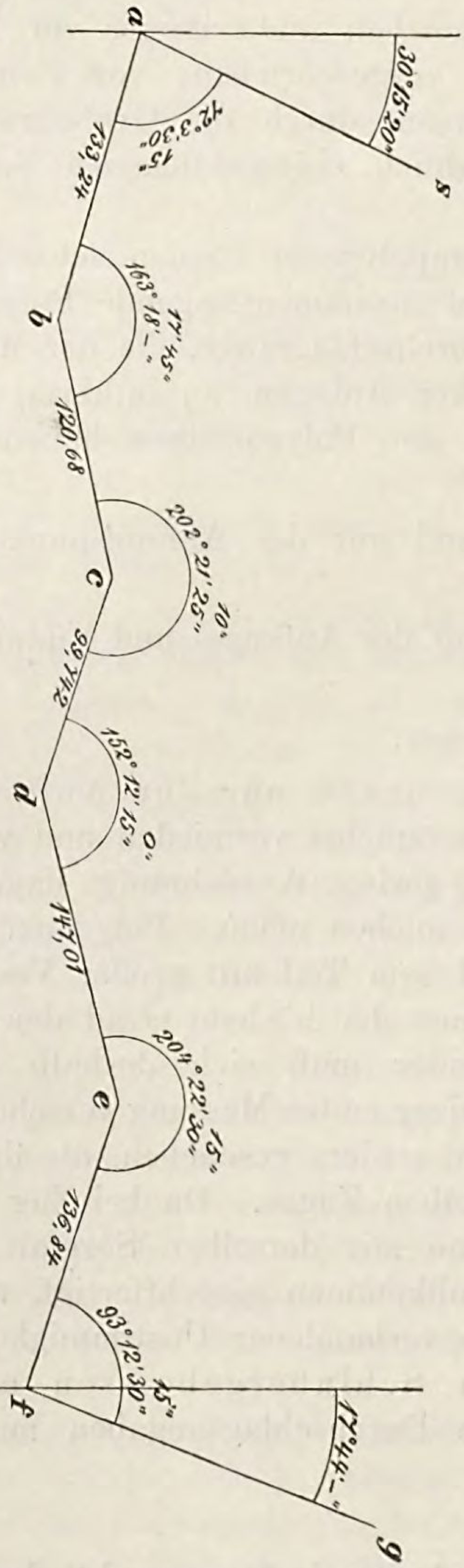


Fig. 270. Offener Polygonzug mit Anschlußpunkten.

Entwickelt man aus dem Azimut der Dreicksseite as und aus den gemessenen Polygonwinkeln das Azimut der Dreiecksseite fg, so erhält man $17^0\,45'\,30''$, also einen Unterschied von $1'\,30''$. Diese Abweichung ist auf die 4 Polygonwinkel und auf die beiden Anschlußwinkel zu verteilen und zwar gleichmäßig, wenn, wie im Beispiel, die Längen der Polygonseiten nicht wesentlich von einander abweichen und demzufolge die Winkel mit derselben Genauigkeit gemessen werden konnten. Die verbesserten Polygonwinkel sind in der Figur über die gemessenen geschrieben.

Die Tagepolygone wird man fast immer so legen können, daß alle Winkel mit gleichmäßiger Schärfe gemessen werden können, aber in der Grube wird man dies nicht immer erreichen, da in den engen und unregelmäßigen Räumen Winkel mit zwei kurzen Schenkeln oder mit einem kurzen und einem langen Schenkel nicht zu vermeiden sind, auch steil aufgerichtete Schenkel vorkommen. In einem solchen Falle ist der Fehler nicht gleichmäßig auf alle Winkel, sondern nach dem umgekehrten Verhältnis ihrer Schenkellängen zu verteilen. Dieses Verhältnis wird man jedoch nicht ängstlich genau berechnen, sondern sich mit dem Abschätzen begnügen.

Mit den verbesserten Polygonwinkeln leitet man die Azimute ab und berechnet die Teilkoordinaten.

Die Berechnung kann nach nebenstehendem Formulare (S. 235) ausgeführt werden.

Standpunkt	Schenkel linker	Schenkel rechter	Polygon-Winkel P Gr.	M.	S.	Neigungs-Winkel $N = N_{n-1} + P_n \pm 180$ Gr.	M.	S.	Söhlige Länge S Meter	log sin N / log S / log cos N	log S sin N / log S cos N	Teil-Ordinaten + (Meter)	Teil-Ordinaten − (Meter)	Teil-Abszissen + (Meter)	Teil-Abszissen − (Meter)	Koordinaten Ordinaten ±	Koordinaten Ordinaten Meter	Koordinaten Abszissen ±	Koordinaten Abszissen Meter	Punkt
						30	15	20				310,632		810,241		+	310,632	+	810,241	a
	s				15					9,989 8988	2,114 5334	− 44			− 25					
a			72	3	30	102	18	35	133,240	2,124 6346		130,177			28,406	+	440,765	+	781,810	b
		b								9,328 7793	1,453 4139									
	a			17	45					9,998 7214	2,080 3567	− 40		− 23						
b			163	18	—	85	36	20	120,680	2,081 6353		120,325		9,247		+	561,050	+	791,034	c
		c								8,884 3555	0,965 9908									
	b				10					9,978 3088	1,977 1869	− 33			− 19					
c			202	21	25	107	57	30	99,742	1,998 8781		94,883			30,753	+	655,900	+	760,261	d
		d								9,489 0091	1,487 8872									
	c				0					9,993 5614	2,160 9083	− 49		− 28						
d			152	12	15	80	9	30	147,010	2,167 3469		144,847		25,128		+	800,698	+	785,363	e
		e								9,232 8083	1,400 1552									
	d				15					9,985 8843	2,122 0974	− 46			− 26					
e			204	22	30	104	31	45	136,840	2,136 2131		132,464			34,329	+	933,116	+	751,008	f
		f								9,399 4536	1,535 6667									
												933,328		751,128						
									$[s]$ = 637,5		gegeben =	933,116		751,003						
											fy =	0,212	fx =	0,120						

Durch Addition der Teilkoordinaten und der Koordinaten des Anfangspunktes a erhält man für den Punkt f

die Koordinaten	$+\ 933{,}228$	$+\ 751{,}128$
die gegebenen Werte sind	$+\ 933{,}116$	$+\ 751{,}008$
daher ist	$fy = 0{,}212,$	$fx = 0{,}120$

Der lineare Schlußfehler $fs = 0{,}2436$, und der Gesamtlängenfehler $f = 0{,}163$.

Die Größe f findet man aus dem Unterschied der Werte L und l. L ist gleich dem Abstande des Anfangs- und Endpunktes nach den

gegebenen Koordinaten	$= 625{,}328$
l ist derselbe Abstand nach den unverbesserten Koordinaten	$= 625{,}491$
	$f = 0{,}163$

Unter Umständen kann es zweckmäßig sein, den in den Längen steckenden Fehler f zum Teil dadurch auszuscheiden, daß man die Koordinaten mit $q = \frac{L}{l} = \frac{625{,}328}{625{,}491} = 0{,}999\,74$ multipliziert, oder was bequemer ist, die Verbesserungen der Teilkoordinaten nach den Formeln:

$$\begin{array}{ll} v_1 = (q-1)\,\Delta\mathfrak{y}_1 & w_1 = (q-1)\,\Delta\mathfrak{x}_1 \\ v_2 = (q-1)\,\Delta\mathfrak{y}_2 & w_2 = (q-1)\,\Delta\mathfrak{x}_2 \\ \text{etc.} & \text{etc.} \end{array}$$

berechnet und zu $\Delta\mathfrak{y}_1,\ \Delta\mathfrak{y}_2 \ldots \Delta\mathfrak{x}_1,\ \Delta\mathfrak{x}_2 \ldots$ algebraisch hinzugefügt. $q - 1 = \frac{L-l}{l} = 0{,}000\,26$.

Die numerische Berechnung würde folgendes ergeben:

Verbesserungen

für $\Delta\mathfrak{y}$		für $\Delta\mathfrak{x}$	
$v_1 = 130 \times 0{,}00026$	$= -\ 0{,}034$	$w_1 = 28 \times 0{,}00026$	$= -\ 0{,}007$
$v_2 = 121$ „ „	$= -\ 0{,}031$	$w_2 = 9$ „ „	$= -\ 0{,}002$
$v_3 = 100$ „ „	$= -\ 0{,}026$	$w_3 = 31$ „ „	$= -\ 0{,}008$
$v_4 = 147$ „ „	$= -\ 0{,}038$	$w_4 = 25$ „ „	$= -\ 0{,}006$
$v_5 = 137$ „ „	$= -\ 0{,}036$	$w_5 = 34$ „ „	$= -\ 0{,}009$
$[v]$	$= -\ 0{,}165$	$[w]$	$= -\ 0{,}032$
fy	$= -\ 0{,}212$	fx	$= -\ 0{,}120$
Restfehler	$= -\ 0{,}047$		$-\ 0{,}088$

Würde man die berechneten Verbesserungen an den einzelnen Teilkoordinaten anbringen, so würden immer noch die Restfehler $-\ 0{,}047$ und $-\ 0{,}088$ bleiben, die nach einem der nachstehend behandelten Verfahren auszugleichen wären.

Die vorstehende Vernichtung des Gesamtlängenfehlers läßt die Neigungswinkel der einzelnen Seiten unberührt.

In den folgenden Ausgleichsberechnungen ist der Gesamtlängenfehler nicht vorher ausgeschieden.

§ 135. **Die einfachen Ausgleichsverfahren.** Die Fehler in den Ordinaten fy und Abszissen fx werden jeder für sich auf alle Polygonpunkte verteilt und zwar kann dies bei den einfachen Methoden geschehen nach dem Verhältnis

1. der Längen der Polygonseiten $[s]$,
2. der absoluten Längen der Teilordinaten $[\Delta \mathfrak{y}]$ bezw. der Teilabszissen $[\Delta \mathfrak{x}]$,
3. der Summen aus den Längen und den Teilordinaten $[s + \Delta \mathfrak{y}]$ bezw. den Teilabszissen $(s + \Delta \mathfrak{x}]$. Die Zahlenwerte $\Delta \mathfrak{y}$ und $\Delta \mathfrak{x}$ sind absolut ohne Rücksicht auf ihr Vorzeichen zu nehmen.

Erstes Verfahren. Die Summe der Längen im Beispiel des vorhergehenden Paragraphen $[s]$ = rund 638. Die Verbesserungen kann man berechnen, wie folgt:

$$638 : 0{,}212 = 133 : v_1, \qquad v_1 = \frac{133 \,.\, 0{,}212}{638} = 0{,}044$$

u. s. w.

$$638 : 0{,}120 = 133 : w_1, \qquad w_1 = \frac{133 \,.\, 0{,}12}{638} = 0{,}025$$

u. s. w.

Bequemer ist die Rechnung, wenn man die in jeder Rechnnng wiederkehrende Größe und zwar für die Ordinaten $\frac{0{,}212}{638} = 0{,}000\,33$, für die Abszissen $\frac{0{,}12}{638} = 0{,}000\,19$ berechnet und hiermit jede einzelne Länge multipliziert.

$v_1 = 133 \times 0{,}000\,33 = 0{,}044$	$w_1 = 133 \times 0{,}000\,19 = 0{,}025$
$v_2 = 121$ „ „ $= 0{,}040$	$w_2 = 121$ „ „ $= 0{,}023$
$v_3 = 100$ „ „ $= 0{,}033$	$w_3 = 100$ „ „ $= 0{,}019$
$v_4 = 147$ „ „ $= 0{,}049$	$w_4 = 147$ „ „ $= 0{,}028$
$v_5 = 137$ „ „ $= 0{,}046$	$w_5 = 137$ „ „ $= 0{,}026$
$[v] = 0{,}212$	$[w] = 0{,}120$

Zweites Verfahren. Die Summe der Teilkoordinaten ist rund = 623, die der Teilabszissen = 128.

Man bildet in gleicher Weise wie vorher die Werte $\frac{0{,}212}{623} = 0{,}000\,34$ und $\frac{0{,}120}{128} = 0{,}000\,94$ und multipliziert die einzelnen $\Delta \mathfrak{y}$ mit der ersten, die einzelnen $\Delta \mathfrak{x}$ mit der zweiten Zahl.

$v_1 = 130 \times 0{,}000\,34 = 0{,}044$	$w_1 = 28 \times 0{,}000\,94 = 0{,}026$
$v_2 = 120$ „ „ $= 0{,}041$	$w_2 = 9$ „ „ $= 0{,}009$
$v_3 = 95$ „ „ $= 0{,}033$	$w_3 = 31$ „ „ $= 0{,}029$
$v_4 = 145$ „ „ $= 0{,}049$	$w_4 = 25$ „ „ $= 0{,}024$
$v_5 = 132$ „ „ $= 0{,}045$	$w_5 = 34$ „ „ $= 0{,}032$
$[v] = 0{,}212$	$[w] = 0{,}120$

Drittes Verfahren. Die Summe aus den Längen und den Teilordinaten bezw. Teilabszissen $= 638 + 623 = 1261$, bezw. $638 + 128 = 766$.

Man bildet die Werte $\frac{0{,}212}{1261} = 0{,}000\,17$, $\frac{0{,}120}{766} = 0{,}000\,16$ und mit diesen Zahlen werden die jedesmaligen Summen von s und $\Delta\mathfrak{y}$, bezw. s und $\Delta\mathfrak{x}$ multipliziert.

$v_1 = (133 + 130) \times 0{,}000\,17 = 0{,}044$	$w_1 = (133 + 28) \times 0{,}000\,16 = 0{,}026$
$v_2 = (121 + 120)$ „ „ $= 0{,}041$	$w_2 = (121 + 9)$ „ „ $= 0{,}020$
$v_3 = (100 + 95)$ „ „ $= 0{,}033$	$w_3 = (100 + 31)$ „ „ $= 0{,}020$
$v_4 = (147 + 145)$ „ „ $= 0{,}049$	$w_4 = (147 + 25)$ „ „ $= 0{,}028$
$v_5 = (137 + 132)$ „ „ $= 0{,}045$	$w_5 = (137 + 34)$ „ „ $= 0{,}026$
$[v] = 0{,}212$	$[w] = 0{,}120$

Es ist vorgeschlagen worden, bei den obigen 3 Verfahren nicht die einfachen Zahlen der Seitenlängen und Teilkoordinaten, sondern deren Quadrate zu Grunde zu legen. Die Rechnung ist aber für die etwa zu erreichende größere Genauigkeit viel zu umständlich und zeitraubend.

Von den 3 aufgeführten Verfahren verdient das erste, die Ausgleichung nach dem Verhältnis der Seitenlängen vor allen anderen den Vorzug. Nur ist dagegen einzuwenden, daß es im allgemeinen etwas größere Änderungen der Winkel, als das nächstfolgende Verfahren, bedingt.

Das zweite Verfahren kann aber unter Umständen zu ganz unbrauchbaren Ergebnissen führen. Wenn beispielsweise die Mehrzahl der Polygonseiten mit der Abszissenachse annähernd parallel läuft und wenige, zugleich kurze Strecken, vorhanden sind, die mit der Ordinatenachse nahezu parallel laufen, so wird der Ordinatenfehler fy lediglich auf die zu diesen kurzen Strecken gehörigen Teilordinaten geworfen, welche dadurch in unzulässiger Weise verändert werden.

Das dritte Verfahren vereinigt die Vorteile der beiden ersten Verfahren, ohne die unter Umständen möglichen Nachteile in der Anwendung jedes einzelnen gleich schroff hervortreten zu lassen, entbehrt aber der wünschenswerten Einfachheit.

Bei gestreckten Polygonen liefern alle 3 Verfahren nahezu dieselben Ergebnisse, wie die vorstehenden Beispiele zeigen. Die Verbesserungen werden mit dem entsprechenden Vorzeichen (in farbiger Tinte) über die Teilkoordinaten geschrieben und die Koordinatensummen mit den verbesserten Teilkoordinaten gebildet, wie aus dem Beispiel zu ersehen ist.

Sind in einem Polygonzuge zwischen zwei Dreieckspunkten die Anschlußwinkel nicht gemessen, so verfährt man zunächst nach der in § 172 behandelten Orientierung und verteilt die Fehler nach einer der besprochenen Methoden.

§ 136. Das geschlossene Polygon. Vor Berechnung der Azimute der einzelnen Seiten sind die Winkel eines geschlossenen Polygons darauf zu prüfen, ob ihre Summe gleich $2nR - 4R$ ist. Zeigt sich ein Unterschied und übersteigt er nicht die zulässige Grenze (vergl. § 132), so ist der Fehler gleichmäßig auf alle Winkel zu verteilen. Dies ist, wie schon erwähnt, nur dann richtig, wenn alle Winkel mit derselben Genauigkeit gemessen waren, im anderen Falle sind die Fehler schätzungsweise im umgekehrten Verhältnisse der Schenkellängen zu verteilen.

Das Ausgleichen der Winkel im geschlossenen Polygon hat nur zur Folge, daß bei der Azimutableitung der Polygonseiten am Schluß das Azimut der Anfangsseite sich wieder ergeben muß, nicht aber, daß die Summen der Teilkoordinaten gleich Null werden.

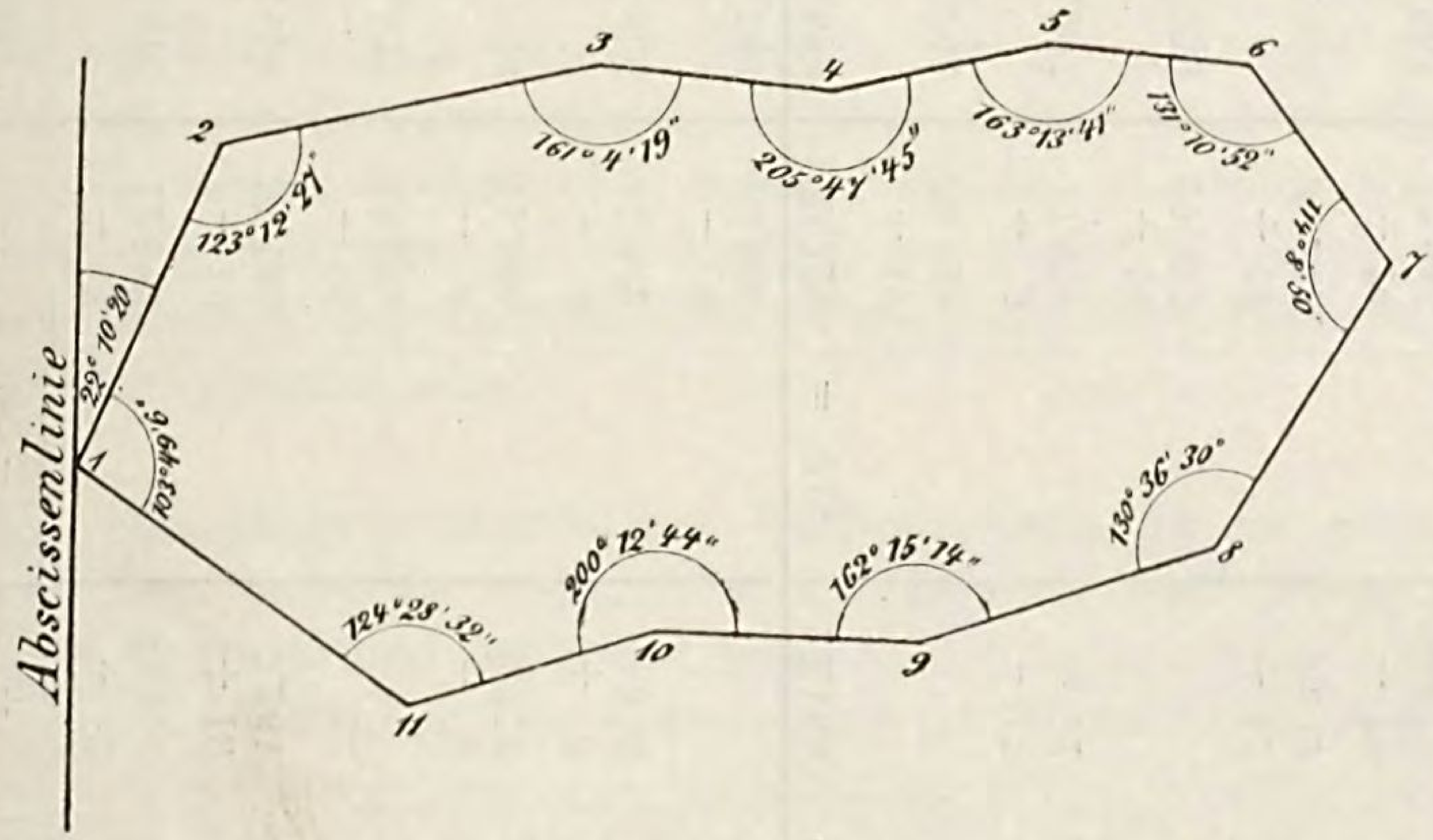


Fig. 271. Berechnung eines geschlossenen Polygons.

Ein geschlossenes Polygon berechnet man zweckmäßig auf folgende an einem Beispiel erläuterten Weise. Das elfseitige Polygon (Fig. 271) zerlegt man sich nach vorheriger Winkelabgleichung in zwei Teile oder Zweige und berechnet von dem Punkte 1 ausgehend erst den Zweig 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 und dann wieder von 1 ausgehend den anderen Zweig in der Richtung 1, 11, 10, 9, 8, 7 und erhält nach der in einem einfacheren Formular dargestellten Berechnung für den Punkt 7 zwei Koordinatenwerte u. z.

aus dem oberen Zweige	+ 122,220	+ 22,168
„ „ unteren „	+ 122,075	+ 22,274
Demnach ist	$fy =$ 0,145	$fx =$ 0,106

Standpunkt	Signal linkes	Signal rechtes	Polygonwinkel Gr.	Polygonwinkel M.	Polygonwinkel S.	Azimut Gr.	Azimut M.	Azimut S.	Söhlige Länge Meter	Teilordinaten $\Delta\mathfrak{y}$ +	Teilordinaten $\Delta\mathfrak{y}$ −	Teilabszissen $\Delta\mathfrak{x}$ +	Teilabszissen $\Delta\mathfrak{x}$ −	Koordinaten Ordinaten ±	Koordinaten Ordinaten Meter	Koordinaten Abszissen ±	Koordinaten Abszissen Meter	Punkt
1										− 16		+ 12			0,000		0,000	1
						22	10	20	32,670	12,329		30,254		+	12,313	+	30,266	2
2	1									− 19		+ 13						
		3	236	47	33	78	57	53	38,456	37,745		7,361		+	50,039	+	37,640	3
3	2									− 15			+ 11					
		4	198	55	41	97	53	34	29,578	29,298			4,062	+	79,322	+	33,589	4
4	3									− 6		+ 4						
		5	154	12	15	72	5	49	11,623	11,060		3,573		+	90,376	+	37,166	5
5	4									− 9		+ 6						
		6	196	46	19	88	52	8	17,856	17,852		0,352		+	108,219	+	37,524	6
6	5									− 8			+ 7					
		7	228	49	8	137	41	16	20,703	13,936			15,310	+	122,147	+	22,221	7
									150,886	122,220	$= [\Delta\mathfrak{y}_1]$	22,168	$= [\Delta\mathfrak{x}_1]$					
1	2									+ 19			− 13					
		11	103	49	6	125	59	26	37,962	30,716			22,308	+	30,735	−	22,321	11
11	1									+ 9		− 7						
		10	124	28	32	70	27	58	18,907	17,819		6,322		+	48,563	−	16,006	10
10	11									+ 14			− 11					
		9	200	12	44	90	40	42	29,659	29,657			0,351	+	78,234	−	16,368	9
9	10									+ 16		− 12						
		8	162	15	14	72	55	56	32,680	31,241		9,592		+	109,491	−	6,788	8
8	9									+ 14		− 10						
		7	130	36	30	23	32	26	31,653	12,642		29,019		+	122,147	−	22,221	7
									150,861	122,075	$= [\Delta\mathfrak{y}_2]$	22,274	$= [\Delta\mathfrak{x}_2]$					
										122,220		22,168						
										0,145	$= fy$	0,106	$= fx$					

Die Fehler fy und fx werden zunächst auf beide Polygonteile I und II nach dem Verhältnis der Gesamtlängen jedes einzelnen Zweiges verteilt:

$$(150{,}886 + 150{,}861):0{,}145 = \begin{cases} 150{,}886 : fx_{\mathrm{I}} \\ 150{,}861 : fy_{\mathrm{II}} \end{cases} \quad 301{,}75:0{,}106 = \begin{cases} 150{,}886 : fx_{\mathrm{I}} \\ 150{,}861 : fx_{\mathrm{II}} \end{cases}$$

Da die Gesamtlängen beider Zugzweige fast gleich lang sind, so kommt auf jeden die Hälfte, und $fy_{\mathrm{I}} = 0{,}073$, $fy_{\mathrm{II}} = 0{,}072$, $fx_{\mathrm{I\,u.\,II}} = 0{,}053$.

Diese beiden Fehler werden in jedem einzelnen Zweige nach Verhältnis der Seitenlängen auf die Polygonpunkte verteilt, wie in dem Beispiele auf S. 240 ausgeführt ist.

Besteht eine Grubenmessung aus mehreren geschlossenen, sich aneinanderreihenden Polygonen, so gilt als Hauptregel, daß man wenige, wo möglich nur eins oder zwei, Hauptpolygone auswählt, welche den größten Teil der Grube umfassen und die übrigen Polygone in sich einschließen, diese Hauptpolygone mit Sorgfalt (erforderlichenfalls zweimal) mißt und im Zusammenhange die Winkel und Koordinaten ausgleicht. Die übrigen Zugteile werden sodann als offene Polygonzüge behandelt, deren Endpunkte bereits festgelegt sind.

Liegen die Verhältnisse für Befolgung dieser Regel nicht günstig und erhält der Markscheider eine größere Anzahl gleichwertiger Polygone, so hat er diese im Zusammenhange auszugleichen. Das hierbei einzuschlagende Verfahren ändert sich nach der Zahl und nach der gegenseitigen Lage der Polygone, wie in dem Gaussschen Werke über polygonometrischen Berechnungen an zahlreichen Beispielen ausgeführt ist, worauf hier lediglich verwiesen wird.

§ 137. Die polygonometrischen Grubenmessungen im Besonderen. Man sprach vor nicht zu langer Zeit von höherer und niederer Markscheidekunst und verstand unter der höheren die Anwendung des Theodoliten und des Libellen-Nivellierinstrumentes zu Grubenmessungen, unter der niederen die Anwendung von Hängekompaß und Gradbogen. Diese Unterscheidung hat keinen Sinn, da der Markscheider alle genannten Instrumente gebrauchen wird und muß. Die Wahl der Instrumente und Methoden ist den jedesmaligen vorliegenden Verhältnissen entsprechend zu treffen.

Hierbei wirken häufig noch andere Umstände mit: die Beschaffenheit und Konstruktion der zur Verfügung stehenden Instrumente, die Liebhaberei und Gewohnheit der Markscheider in der Anwendung bestimmter Methoden und Instrumente, welche sich zuweilen bis zur Voreingenommenheit steigert, die bessere oder geringere Geübtheit der Meßgehilfen sowie die Zahl derselben, die zu Gebote stehenden Geldmittel, d. h. die Bezahlung der Arbeit und dergl. mehr.

Die markscheiderischen Grubenmessungen zerfallen, wie schon erwähnt, in zusammenhängende (Präzisionsmessungen und Durchschlagszüge) und in solche, die behufs der rißlichen Darstellung ausgeführt werden.

Im allgemeinen kann man den Grundsatz aufstellen, daß behufs *rißlicher Darstellung* alle Gruben, in denen nur wenig Eisen verwendet wird, namentlich wenn häufige Verbindungen mit dem Dreiecksnetze über Tage vorhanden sind, lediglich mit dem Kompaß und dem Gradbogen vermessen werden können, daß dagegen in Gruben von größerer Ausdehnung, in denen eiserne Schienengestänge liegen und zum Grubenausbau Eisen verwendet wird, die Hauptstrecken und die Querschläge mit dem Theodoliten aufzunehmen sind, während bei der Vermessung der Neben- und Abbaustrecken, sowie solcher Hauptstrecken, die sich in mehreren Punkten an das mittels des Theodoliten festgelegte Polygon anschließen, der Kompaß, wenn es erforderlich erscheint, nach einer der im sechsten Kapitel beschriebenen Methoden angewendet werden kann.

Die Höhenangaben werden in den Hauptstrecken, wenn sie horizontal sind, mittels der Libelleninstrumente, sonst mit dem Höhenkreise bestimmt, wobei die Längenmessungen mit dem freischwebenden Bande am leichtesten auszuführen sind. Für untergeordnete Höhenangaben ist der Gradbogen ausreichend, der bei Kompaßzügen auch stets hierzu benutzt wird.

Durchschlagszüge von einiger Ausdehnung und Wichtigkeit sind dagegen stets mit dem Theodoliten auszuführen und die Höhenangaben, wenn es möglich, mit dem Libellen-Nivellierinstrumente zu ermitteln.

§ 138. **Der Grubenzug mit Kompaß und Gradbogen.** Vor Beginn einer jeden markscheiderischen Arbeit sind die Instrumente, in diesem Falle: Hängekompaß, Gradbogen, Meterkette oder die Meßstäbe in der früher angegebenen Weise zu prüfen und zu berichtigen, außerdem sind mitzuführen ein kleiner Maßstab (Schmiege), ein oder mehrere Lote, kleine aus Knochen geschnitzte Vorstecker zur Befestigung von Kompaß und Gradbogen an geneigten Schnüren, einige Reservehaare für den Gradbogen und etwas Wachs.

Im Taschenbuche ist eine entsprechende Anzahl von Seiten und zwar so vorzurichten, daß die linke Seite das nachstehende Formular enthält, die rechte Seite für Skizzen und Bemerkungen frei bleibt.

Zeichen		Gradbogen			Kompaß			Flache Länge	Bemerkungen und Skizzen
von	bis	$\pm$	Gr.	M.	O W	Gr.	M.	Meter	
linke Seite									rechte Seite

Zuerst ist stets das Streichen der Orientierungslinie abzunehmen und im Taschenbuche nebst der Zeit der Beobachtung aufzuschreiben. Die Orientierungslinie ist ausführlich in den §§ 69 und 145 behandelt.

Der eigentlichen Grubenmessung geht bei neu aufgeschlossenen, dem Markscheider unbekannten Feldern eine Befahrung der aufzunehmenden Räume voraus. Hat die Messung die Nachtragung zum Zweck, so wird der Markscheider eine Pause von den bereits auf dem Risse befindlichen Grubenräumen mit sich führen, um eine Wiederholung von Messungen zu vermeiden und um die Anschlußpunkte (Markscheiderzeichen) leicht zu finden. Zum Anhängen des Kompasses und des Gradbogens werden Ketten aus feinem Messingdraht oder Hanfschnüre mittels der bekannten Pfriemen oder Schrauben ausgespannt. Stehen mehrere Gehilfen zur Verfügung, so wird die Arbeit sehr gefördert, wenn mehrere Schnüre im voraus gespannt werden. Die Schnüre nimmt man wo möglich gleich und nicht zu lang, keinenfalls über 10 Meter, sobald aus den Gradbogenbeobachtungen und aus der flachen Schnur die Seigerteufen genau ermittelt werden sollen. Bei gleich langen Schnüren darf man annehmen, daß die unvermeidlichen Fehler in den Streichwinkeln und in den Seigerteufen sich leichter ausgleichen. Die kurzen Schnüre lassen sich ferner gleichmäßig straff spannen und die Fallwinkel werden mit dem Gradbogen genauer ermittelt, als an langen und deshalb sehr durchgebogenen Schnüren. Wichtige Endpunkte dieser Schnüre, namentlich solche, die zum Anschluß an spätere Züge dienen sollen, oder solche, von denen mehrere Schnüre ausgehen, werden durch sogenannte Markscheiderzeichen in der Zimmerung oder in festem Gestein kenntlich gemacht. Nachstehende Formen sind im Gebrauch:

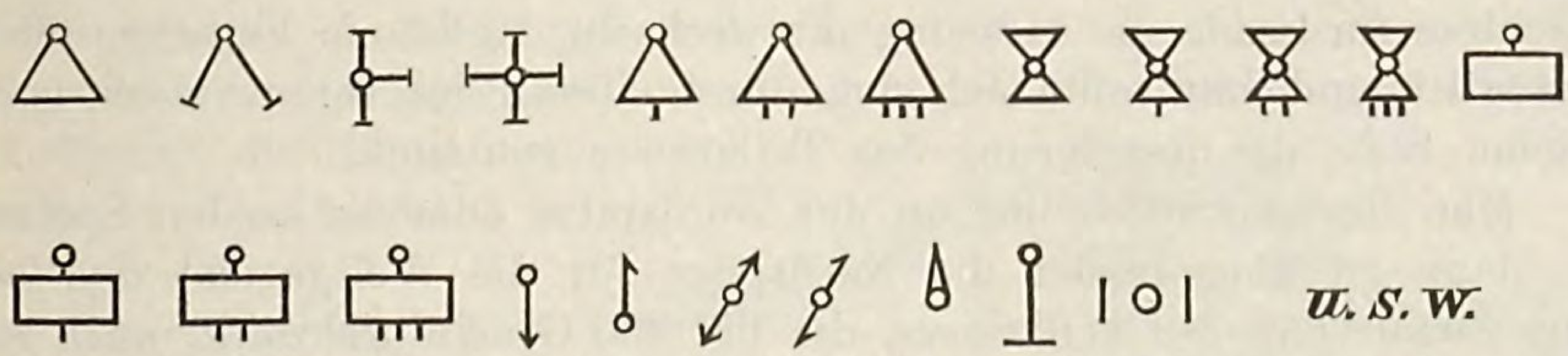


Fig. 272. Markscheiderzeichen.

Der giltige Punkt dieser Zeichen ist in der Fig. 272 durch einen kleinen Kreis hervorgehoben. In der Grube wird an dieser Stelle ein Nagel oder eine Krampe eingeschlagen. Sehr zweckmäßig ist es, an einzelnen Zeichen selbst, oder in der Nähe auf eine dauerhafte Weise die Zeit kenntlich zu machen, zu welcher das Zeichen geschlagen wurde. Im festen Gestein kann es durch Einhauen der Jahreszahl geschehen (Jahresstufen).

In einigen Kohlengruben z. B. führt der Markscheider hölzerne Täfelchen mit sich, auf denen die Jahres- und Monatszahlen nebst

laufenden Nummern eingebrannt sind, welche in der Nähe der Zeichen an der Zimmerung befestigt werden. Auf einzelnen Erzgruben werden Markscheiderzeichen durch kurze Bohrlöcher bezeichnet, in welche Pflöcke fest eingetrieben werden. Auf dem Pflock wird eine ebenfalls mit Jahres- und Monatszahl nebst laufender Nummer versehene Zinkblechplatte durch einen nicht vollständig eingeschlagenen Nagel befestigt. Soll das Zeichen bei einer Anschlußmessung benutzt werden, so dreht man das den Pflock bedeckende Zinkblech um den Nagel.

Von jeder einzelnen Schnur wird Länge, Fallwinkel und Richtung bestimmt. Die gefundenen Zahlen werden sorgfältig und leserlich in das Taschenbuch nach dem vorgeschriebenen Formular eingetragen.

Von wichtigen Punkten, namentlich von dem Anfangs- und Endpunkte eines Zuges, wird die Höhe über der Sohle oder auch der Abstand von der Firste durch sogenannte Seigerschnüre gemessen und in das Formular als Schnüre mit einem Fallwinkel von 90 Grad eingetragen. (Siehe Beispiel auf S. 247.)

Die Länge wird entweder mit der Meterkette oder an der Hanfschnur mit Stäben gemessen, der Fallwinkel mit dem Gradbogen unter Berücksichtigung der im § 107 besprochenen Regeln und die Richtung mit dem Hängekompaß ermittelt. Der letztere muß so angehängt werden, daß die Bezeichnung Nord in der Zugrichtung vorausgeht.

Beim Ablesen des Streichens hat man, wenn irgend möglich, eine solche Stellung einzunehmen, daß die Sehlinie in die Richtung der Nadel fällt. Hierbei kann der Ableser zwei Stellungen einnehmen. Einmal kann die Nordspitze, das andere mal die Südspitze der Nadel auf ihn gerichtet sein. Im ersteren Falle läuft die Bezifferung von links nach rechts, im anderen Falle von rechts nach links. Da nun die beiden Stellungen des Beobachters im Laufe der Messung oft wechseln, so ist ein Versehen nicht unmöglich und man sollte sich stets durch einen Blick vergewissern, nach welcher Seite die Bezifferung des Teilkreises zunimmt.

Man liest entweder nur an der Nordspitze oder an beiden Spitzen ab, dann ist aber immer die Nordspitze für die Weltgegend und bei einer Bezifferung des Teilkreises, die bis 360 Grad durchzählt, auch für die Gradzahl maßgebend. Legt man den Zug mit demselben Kompaß zu, so ist das Ablesen an der Nordspitze ausreichend, geschieht das Zulegen nach berechneten Koordinaten, so muß an beiden Spitzen abgelesen und das Mittel genommen werden.

Zur Ausscheidung des schädlichen Einflusses der Variation mit Hilfe der Kurven eines selbstschreibenden Deklinatoriums ist es zweckmäßig, in gewissen Zwischenräumen bei den Kompaßstunden die Zeit der Ablesung im Taschenbuche zu vermerken.

Bei Besprechung der Instrumente ist schon angedeutet worden, daß stark geneigte Schnüre für Kompaß und Gradbogen zu Fehlerquellen werden können und auch mit anderen Unannehmlichkeiten verbunden

sind. In stark geneigten Strecken oder tonnlägigen Schächten wird man deswegen gut thun, senkrechte Schnüre mit nahezu horizontalen abwechseln zu lassen, wie aus Fig. 273 zu ersehen ist.

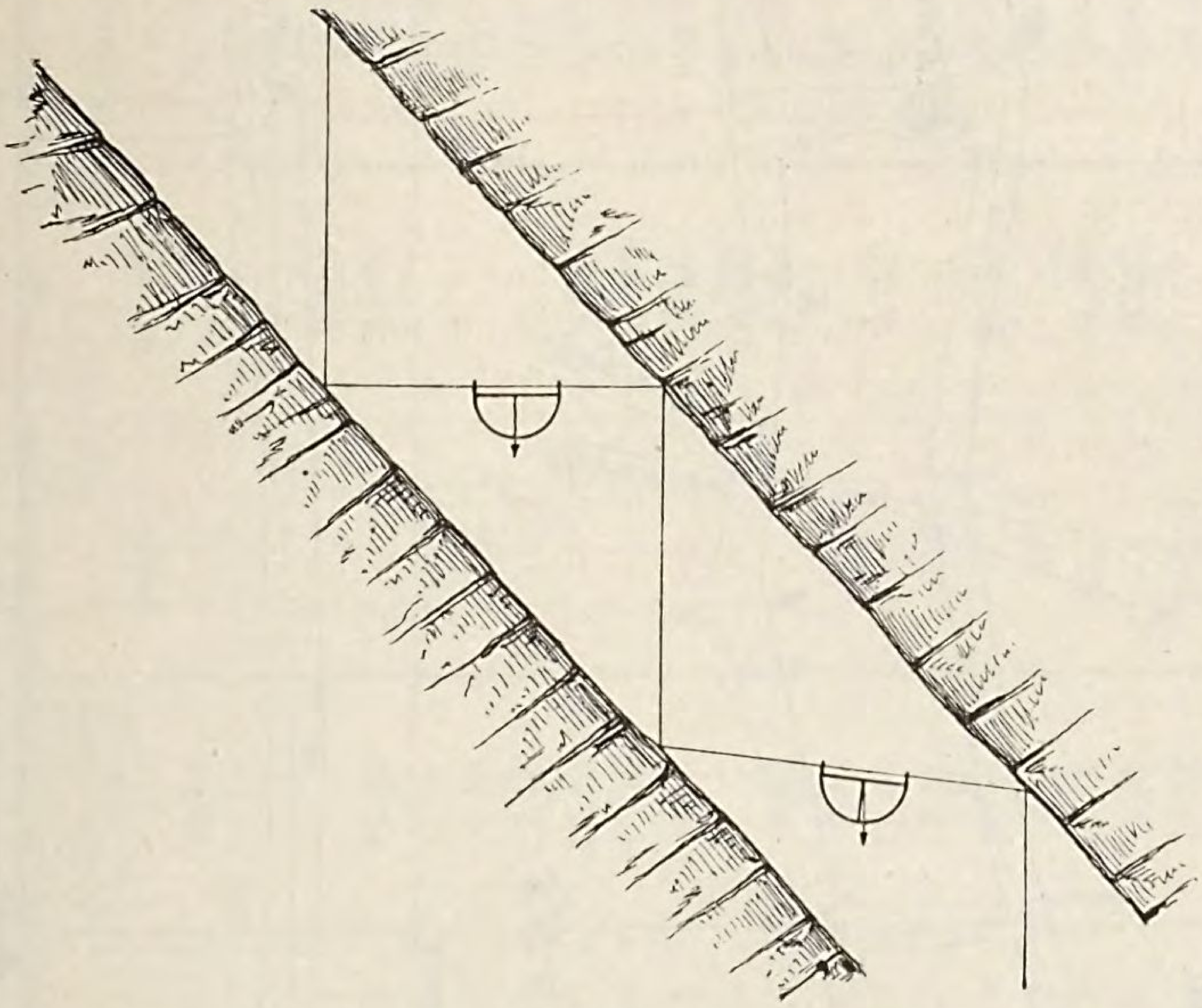


Fig. 273. Ziehen in stark geneigten Strecken.

§ 139. Durch horizontale und seigere Ordinaten von geeigneten Punkten der einzelnen Schnüre wird die Gestalt der Grubenräume selbst, sowie alle für die Darstellung wichtigen Aufschlüsse aufgenommen. Dahin gehören, die Mächtigkeit der Lagerstätte, die durchfahrenen Gebirgsschichten, Sprünge und Verwerfungen, gestoßene Sohlen- oder Firstenbohrlöcher, die Hängebänke von Absinken u. dergl. mehr.

Die hierbei zu machenden Notizen werden in die auf der rechten freien Seite des Taschenbuches zu zeichnenden Skizzen eingetragen.

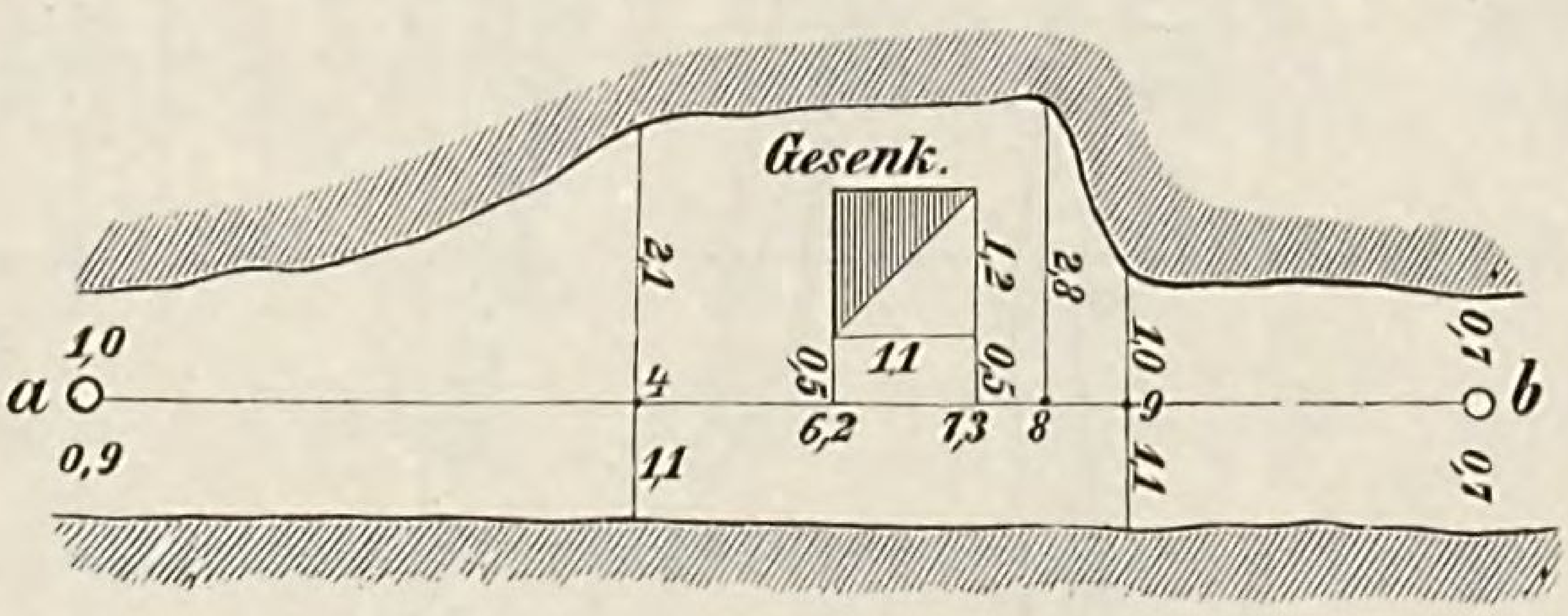


Fig. 274. Aufnahme von Grubenräumen.

Bei Anfertigung dieser Skizzen sind folgende Regeln zu beobachten.

In Gruben mit unregelmäßigen Räumen (Gangbergbau) ist es zweckmäßig, jede einzelne Schnur für sich darzustellen (Fig. 274) und zwar, ohne Berücksichtigung des Streichens der einzelnen Schnur, stets so, daß die bei Ausführung des Zuges innegehaltene Richtung im Taschenbuche einer von links nach rechts gezogenen Linie entspricht. Werden

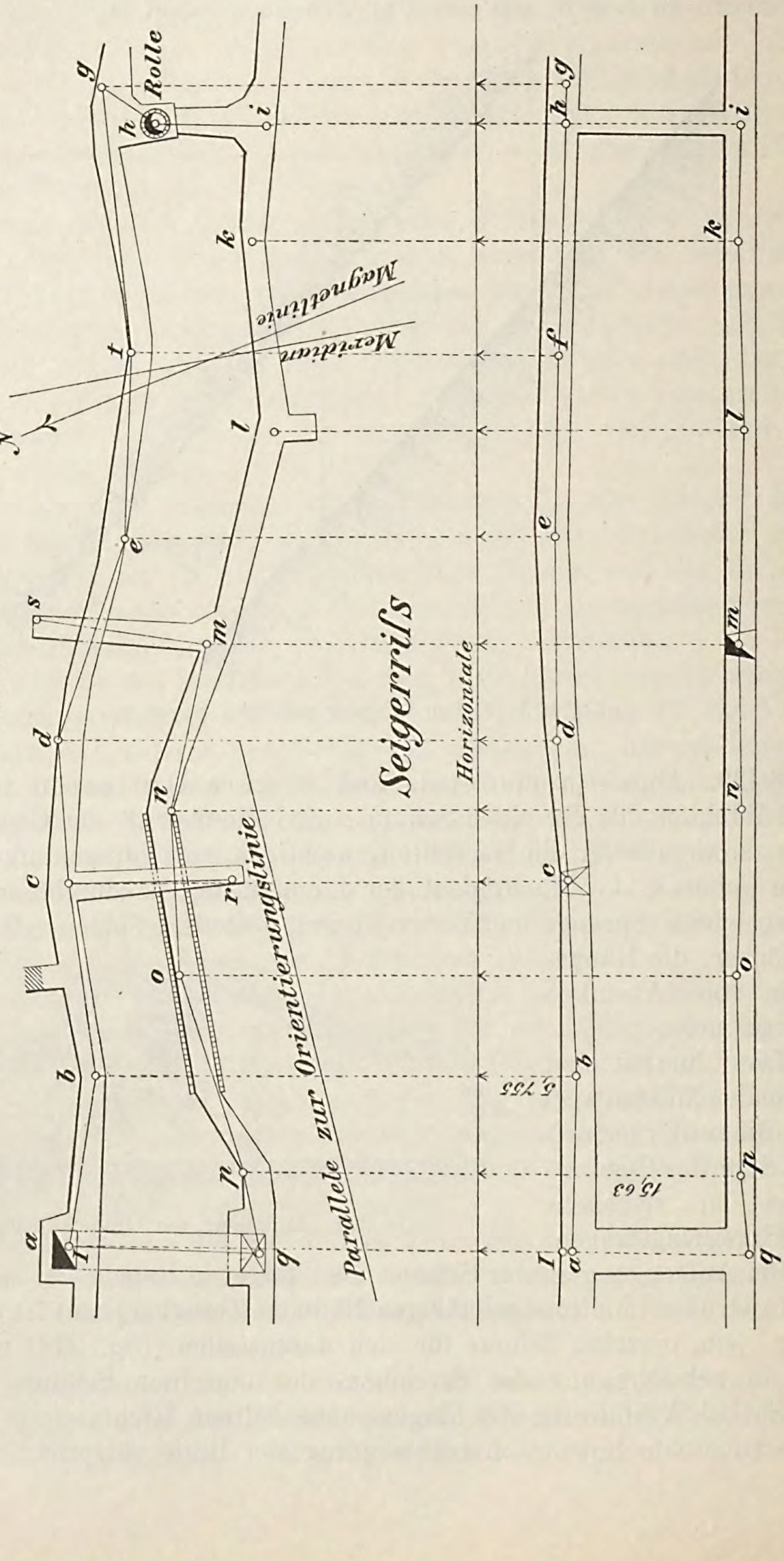


Fig. 275. Grund- und seigerrißliche Darstellung eines Kompaßzuges.

Beispiel eines Kompaßzuges.

Kompaßzug auf der n^{ten} Strecke der Grube *NN*. Streichen der Orientierungslinie 98° 10′ Vorm. 10^h. Horizontale 5 m über dem Anfangspunkte. Aus festem Zeichen *I* in der Firste.

Zeichen	Kompaß			Sohle	Neigung der Schnur			Flache Länge der Schnur	Seigerteufe		Höhenzahl	Zeichen
	O W	Gr.	M.	Meter	±	Gr.	M.	Meter	steigend +	fallend —	Meter	
											5,000	*I*
I					—	90	—			0,450	5,450	*a*
a	O	121	10	9,995	—	1	45	10,00		0,305	5,755	*b*
b	O	103	40	11,490	+	2	30	11,50	0,501		5,254	*c*
c	O	108	—	8,581	+	3	50	8,60	0,575		4,679	*d*
d	O	130	50	12,000	+	0	15	12,00	0,052		4,637	*e*
e	O	114	30	10,946	—	1	30	10,95		0,287	4,924	*f*
f	O	105	35	15,240	—	2	10	15,25		0,576	5,500	*g*
g	W	52	5	3,820	—	0	5	3,82		0,006	5,506	*h*
h					—	90	—			10,000	15,506	*h′*
h′	W	24	55	6,833	—	2	30	6,84		0,298	15,804	*i*
i	W	118	45	6,116	+	1	50	6,12	0,196		15,608	*k*
k	W	104	50	11,410	—	0	35	11,41		0,116	15,724	*l*
l	W	130	—	13,206	+	1	20	13,21	0,308		15,416	*m*
m	W	123	50	10,238	—	1	10	10,24		0,209	15,625	*n*
n	W	109	—	9,742	+	2	15	9,75	0,383		15,242	*o*
o	W	94	15	12,130	—	1	50	12,14		0,388	15,630	*p*
p	W	104	5	4,810	—	5	10	4,83		0,435	16,065	*q*
q	O	27	10	11,550	+	42	30	15,68	10,593		5,472	*a*
a					+	90	—		0,450		5,022	*I*
c	W	20	30	9,500		—	—	9,50				*r*
m	O	29	55	10,300		—	—	10,30				*s*

von einer Schnur horizontale und seigere Ordinaten gemessen, so sind von dieser Schnur zwei Skizzen anzufertigen und die letztere ist durch die beigesetzten Buchstaben *Pr* (Profil) zu kennzeichnen. Ist der Zug verwickelt, so ist noch eine besondere Skizze anzufertigen, die sämtliche Schnüre im Zusammenhange in ihrer gegenseitigen Lage darstellt. In solchen Gruben, deren Strecken vorwiegend gleichen Querschnitt haben (Stein- und Braunkohlengruben), genügt meist diese zusammenhängende Skizze (Fig. 276) ohne die Einzeldarstellungen der Schnüre.

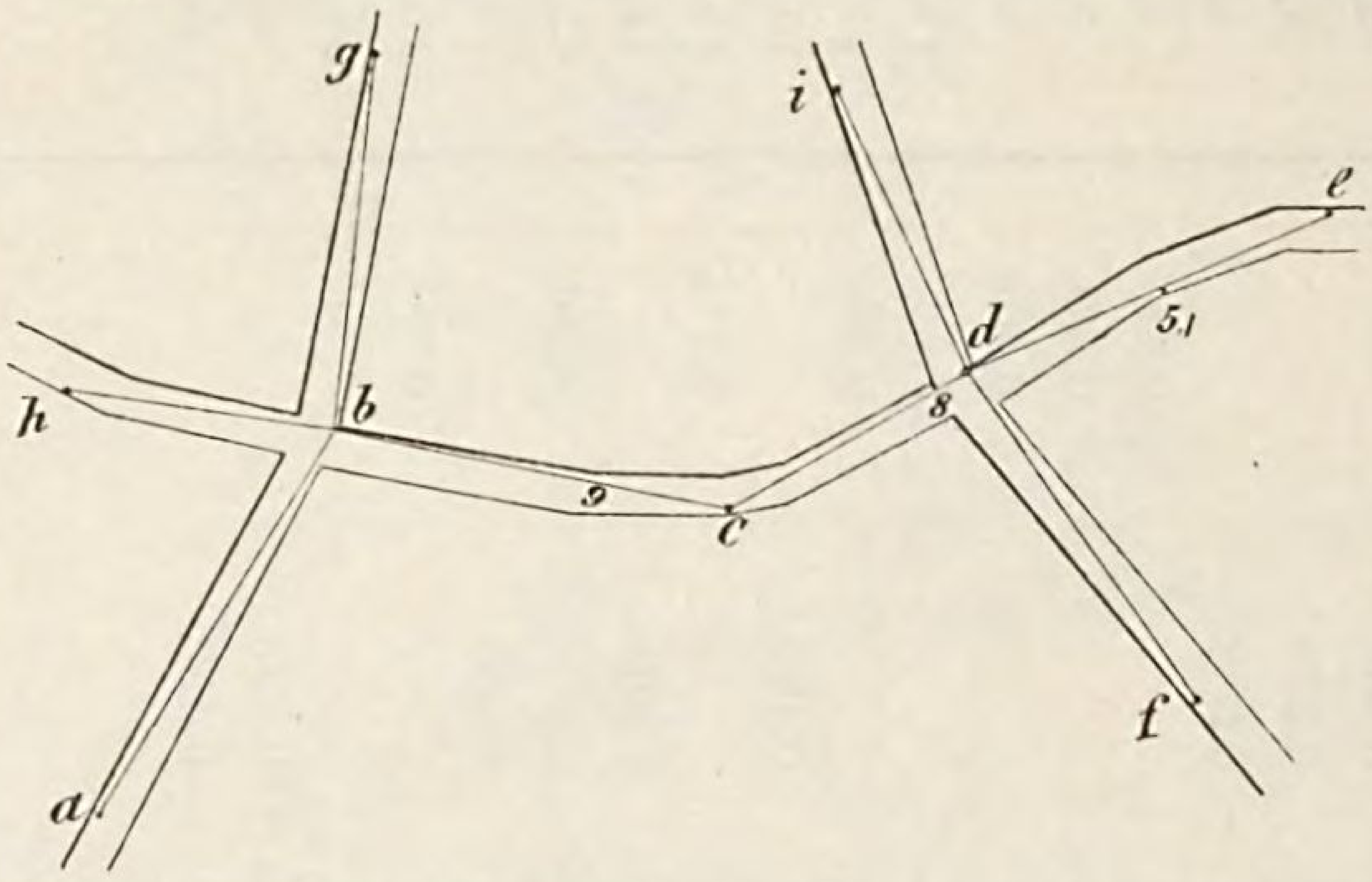


Fig. 276. Skizze von gemessenen Grubenräumen.

Die Winkelpunkte sind ohne Ausnahme mit laufenden Buchstaben oder Zahlen zu versehen, wo nicht Markscheiderzeichen an deren Stelle treten.

Zur weiteren Erläuterung dient das vorstehende Beispiel (S. 247) eines mit dem Kompaß ausgeführten Grubenzuges, worin die Berechnung und die Darstellung in Grund- und Seigerriß gegeben ist. (Fig. 275.)

§ 140. Bestimmen von Streichen und Fallen der Gebirgsschichten.

Die Aufnahme von dem Streichen und Fallen der Gebirgsschichten oder der Sprünge und Verwerfungen, was in den Gruben häufig notwendig ist, wird mit dem Taschenkompasse auf folgende Weise ausgeführt.

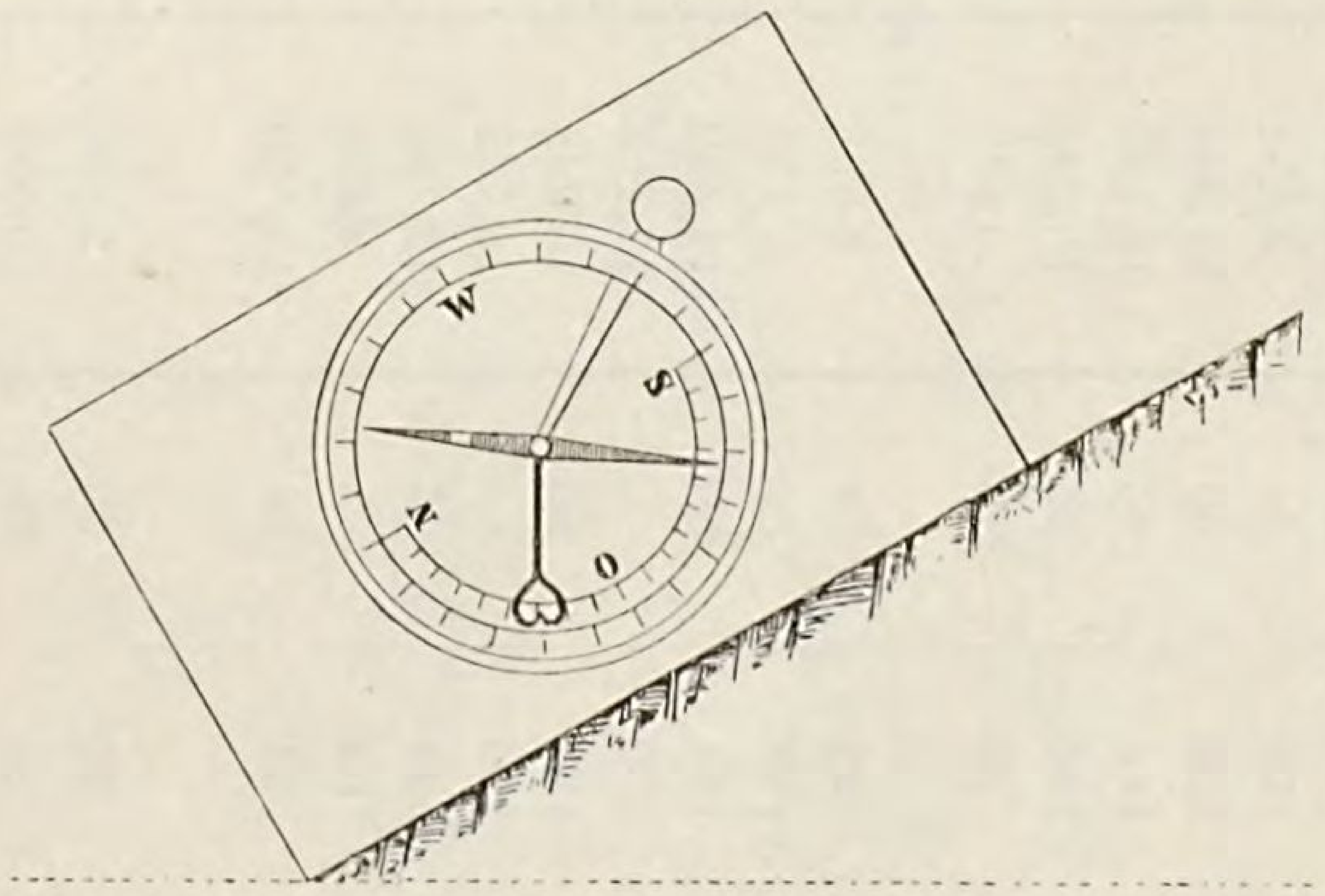


Fig. 277. Bestimmung des Fallwinkels mit dem Taschenkompasse.

Man legt eine kleine Fläche der zu untersuchenden Schicht frei und bestimmt zuerst die Fallrichtung, indem man die mit der Nulllinie parallel laufende Kante auf diese Fläche oder ein darauf gelegtes Brett aufsetzt und so lange verrückt, bis das um den Stift schwingende Pendel den größten Winkel zeigt (Fig. 277).

Dieser Winkel ist der Fallwinkel und eine Linie rechtwinkelig zur Fallrichtung das Streichen der Gebirgsschicht.

Die Fallrichtung ist unter Umständen leichter dadurch zu finden, daß man die freie Schichtenfläche mit Staub bestreut und einen Wassertropfen darauf hinunter laufen läßt.

Ist eine Schicht u. dergl. in dem Querschnitt einer Strecke erkennbar, so kann man auch das Hängezeug anwenden.

Man befestigt in der einen Streckenwange auf dem Liegenden dieser Gebirgsschicht die Schnur und sucht auf derselben Schicht im anderen Streckenstoße mittels des an die Schnur gehängten Gradbogens einen Punkt, der mit dem ersteren in gleicher Höhe liegt. An diese horizontale Schnur hängt man den Kompaß und erhält mit dem Streichen dieser Schnur zugleich das Streichen der Gebirgsschicht. Spannt man rechtwinkelig zu dieser Schnur eine zweite, die zwei Punkte der Gebirgsschicht in der Sohle und in der Firste verbindet, so erhält man mit Hilfe des angehängten Gradbogens den Fallwinkel.

§ 141. Das Hängen der Stunde. Die Prahne. Außer dem Bestimmen von Streichen und Fallen wird der Markscheider häufig die Richtung von aufzufahrenden Strecken anzugeben haben oder, wie man hierfür kurz sagt: die Stunde zu hängen. Ist die Strecke bereits im Betriebe, so wird in dem Punkte, von dem aus die Richtung angegeben werden soll, in der Mitte der Strecke und zwar in der Firste ein Senkeleisen (Fig. 278) befestigt und daran die Schnur geschlungen. Das andere Ende dieser etwas schlaff gelassenen kurzen Schnur wird an der Streckenfirst so lange verrückt, bis der angehängte Kompaß den verlangten Richtungswinkel angiebt. Der so gefundene zweite Punkt wird ebenfalls mit einem solchen Eisen bezeichnet und an beide werden Lote gehängt. Mit Hilfe dieser Lote kann man auf größere Entfernungen ein Grubenlicht leicht in die gehängte Stunde bringen und den so gefundenen Punkt beim Weitertreiben der Strecke zum Anhalten nehmen.

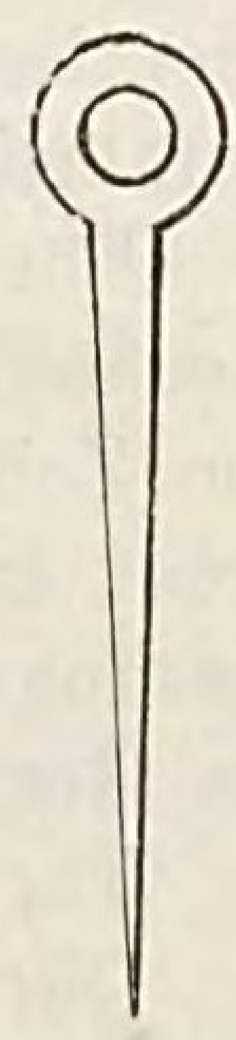


Fig. 278. Senkeleisen.

Da bei diesem Geschäfte die Grubenlichter benutzt werden, so nennt man die durch die beiden Lote bezeichnete Linie auch die Feuerlinie und das Verlängern der Linie: das Feuer weiter tragen.

§ 142. Die Theodolitzüge. Diese Polygonzüge erhalten ein bestimmtes Gepräge durch die Methode der Messung, was in den Paragraphen, die von diesen Methoden handeln, besprochen ist. Bezüglich der Länge der Polygonseiten gilt im allgemeinen die Regel, daß man, wenn ohne Benutzung des Höhenkreises gearbeitet wird, d. h. wenn die Höhenzahlen der Punkte durch geometrisches Nivellement bestimmt

werden, die Polygonseiten möglichst lang nimmt, weil bei langen Winkelschenkeln das Fernrohr schärfer auf das Signal eingestellt und somit der Winkel genauer gemessen werden kann, zweitens weil von der Anzahl der Aufstellungen die Zeitdauer und Mühe wesentlich abhängt. Werden die Seigerteufen mit dem Höhenkreise ermittelt, so ist es zweckmäßig, möglichst gleiche Polygonseiten, die die Länge des Stahlbandes, wegen der notwendigen unmittelbaren Messung der Ziellinie, nicht überschreiten.

Auf jedem Aufstellungspunkte des Theodoliten werden der Polygon- und sein Ergänzungswinkel je nach der Wichtigkeit der Arbeit entweder einfach oder mit Weissbachscher Repetition gemessen.

Die Messung mit fixierten Punkten erfordert namentlich bei kurzen Winkelschenkeln eine sorgfältige Zentrierung des Theodoliten. Bei wichtigen Zügen wird in diesem Falle der Theodolit nach vollendeter Winkelmessung etwas verschoben, von neuem zentriert und der Winkel nochmals gemessen.

Die Längen der Polygonseiten werden mit Schnur und Stäben oder mit dem Meßbande ermittelt. Ist die genaue Aufnahme der Grubenräume von Wichtigkeit, wie z. B. in den Erzgruben, so wird die Länge zu diesem Zwecke nochmals mit der Meterkette gemessen.

Eine wichtige Arbeit bei dem Messen mit dem Theodoliten ist das Orientieren oder Einrichten dieser Züge, worüber das zehnte Kapitel ausführlich handelt.

Für das gewöhnliche Nachtragen der Grubenbaue, das mit dem Theodoliten erfolgen muß, genügt es zuweilen, die Strecken zunächst eine Zeit lang bis auf eine entsprechende Länge, gewissermaßen verloren, mit dem Kompaß zu vermessen und später erst eine Theodolitmessung vorzunehmen. Eine Ausnahme hiervon macht das Nachtragen von Gegenörtern beabsichtigter Durchschläge.

Für die Skizzen gelten die bei der Kompaßmessung gegebenen Regeln.

Die Höhenzahlen der Punkte können mittels geometrischen und trigonometrischen Nivellements gefunden werden.

Bei ausgedehnten und wichtigen Messungen wird wegen der größeren Genauigkeit am zweckmäßigsten geometrisch nivelliert, soweit nicht das Ansteigen der Strecken die Anwendung des trigonometrischen Nivellements, erfordert.

In einigen Fällen z. B. bei dem Nachtragen von Gegenörtern, ist es von Vorteil, das Fernrohr des Theodoliten zum geometrischen Nivellement benutzen zu können.

Ein bestimmtes Formular für die in der Grube gefundenen Ergebnisse der Theodolitmessungen zu benutzen, ist nicht erforderlich.

§ 143. **Die Markscheiderlampen.** Der Markscheider bedient sich bei seiner Arbeit messingener Grubenlampen, die keine ablenkende

Wirkung auf die Magnetnadel haben. Nach lokalem Gebrauch unterscheiden sie sich in der Form und in der Art und Weise, wie sie getragen werden.

Abgesehen von den Sicherheitslampen stimmen die besseren Markscheiderlampen darin überein, daß sie eine seitlich etwas hervortretende Schnauze oder Tülle haben. Diese Vorrichtung gestattet, die leuchtende Flamme möglichst nahe an die Blenden der abzulesenden Nonien, namentlich aber an die zu beobachtende Nadelspitze des Kompasses heranzubringen. Fig. 279 zeigt die Form der Mansfelder Lampe, die mittels des Drahtbügels am Schachthute getragen wird, während die Hände mit dem Instrumente oder mit dem Einschreiben der Beobachtungen beschäftigt sind.

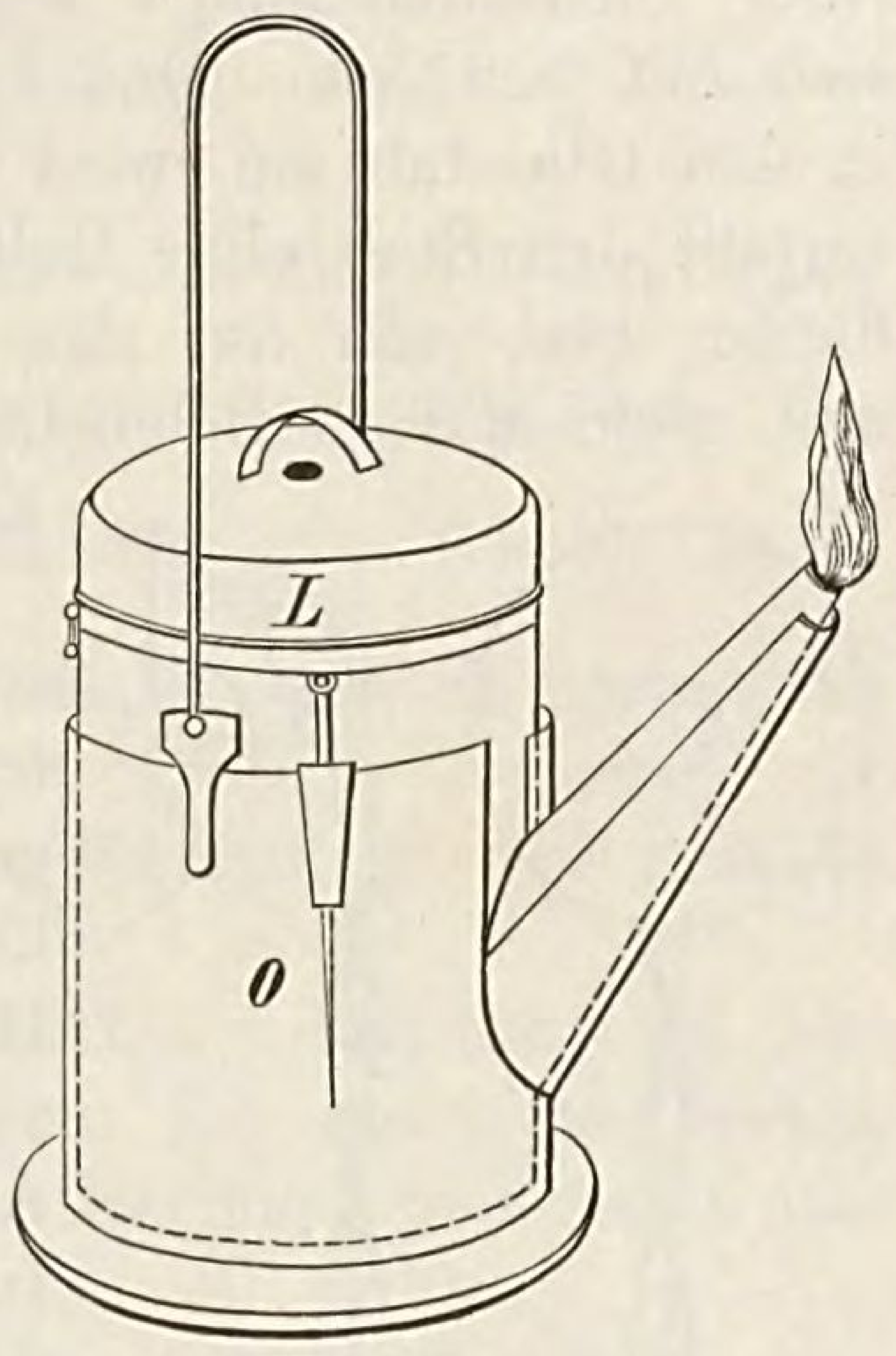


Fig. 279. Die Mansfelder Grubenlampe.

In Freiberg (Königreich Sachsen) stehen die Grubenlampen in hölzernen, mit Messingblech ausgeschlagenen Kästchen (Blenden), die an einem Bügel in der Hand getragen, oder mit diesem in einen um den Hals gelegten Riemen eingehängt werden.

Die Sicherheitslampen aller Systeme geben ein schwächeres Licht, als die offene Grubenlampe, auch gestattet die Konstruktion derselben nicht, die umschlossene Flamme nahe an

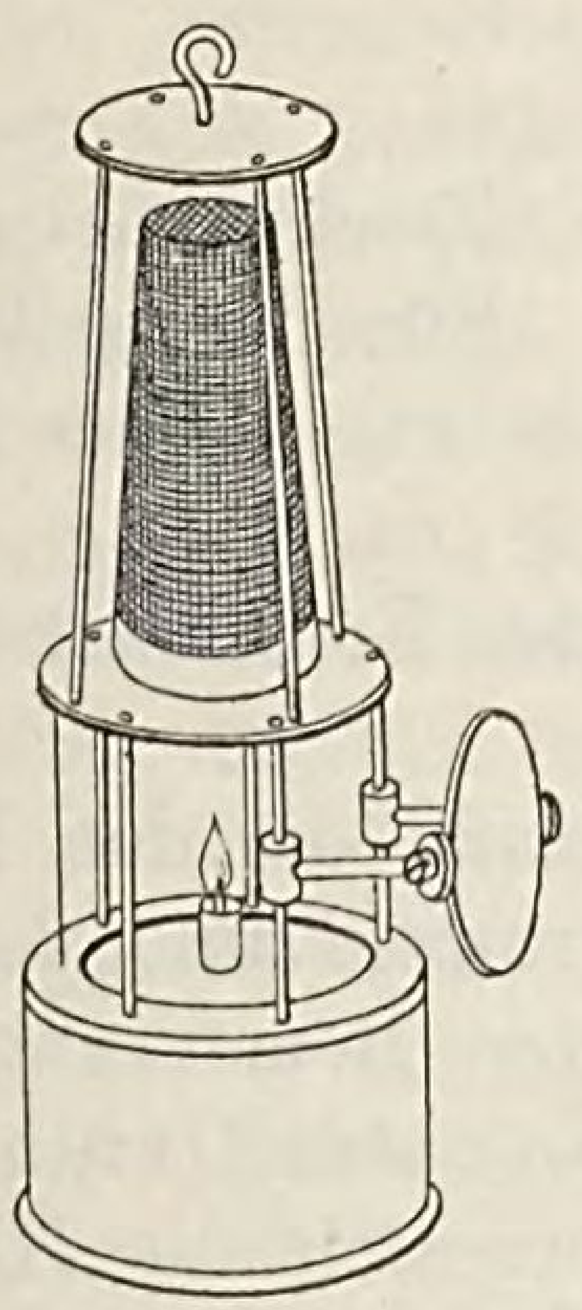


Fig. 280. Sicherheitslampe mit Linse für Markscheider.

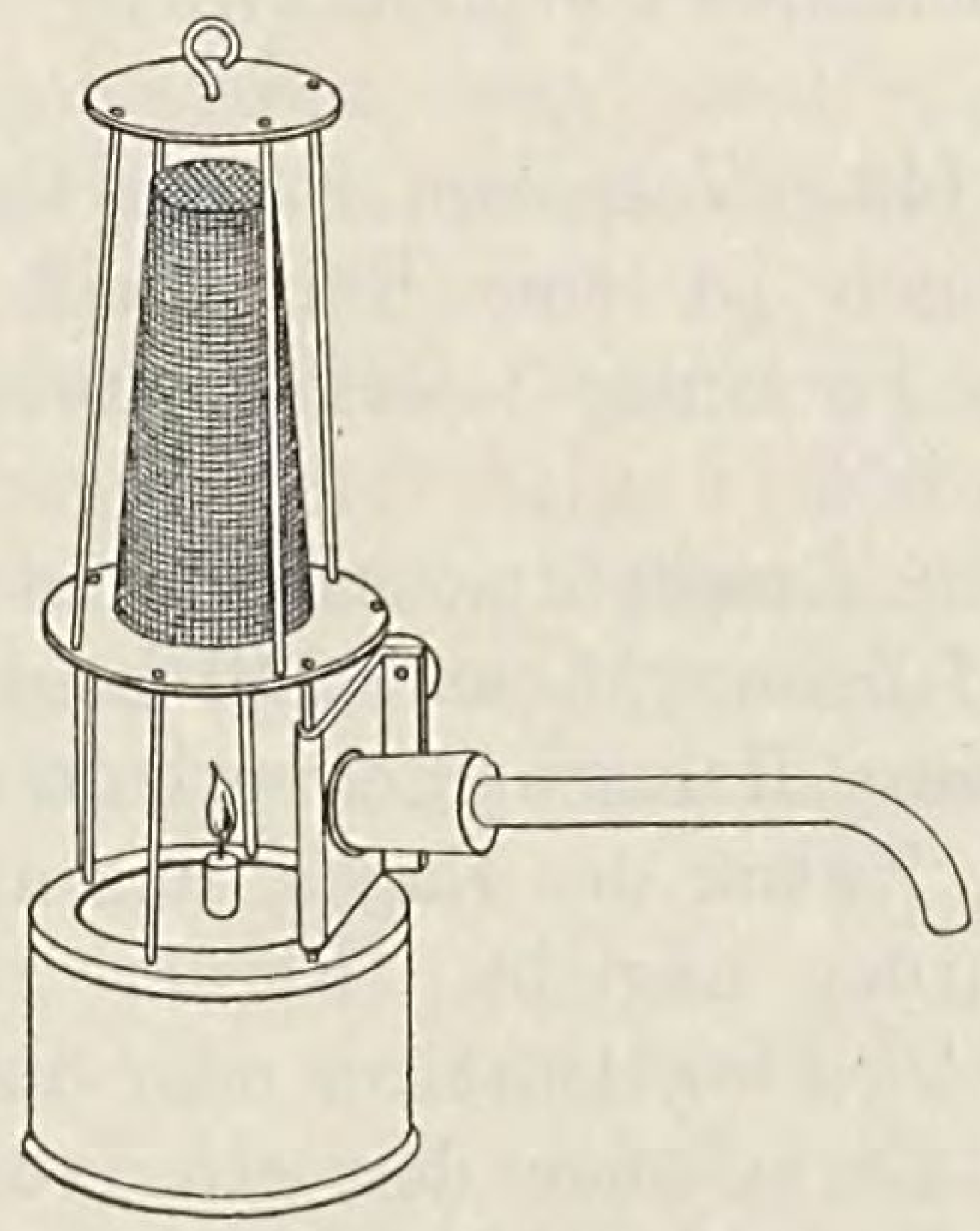


Fig. 281. Sicherheitslampe mit Glasstab für Markscheider.

die Kompaßteilung und die Nonienblenden heranzubringen. Zur Beseitigung dieses Ubelstandes wird an den Stäben, die den Glaszylinder umgeben, eine Linse angebracht (Fig. 280), die um eine Achse gekippt

werden kann, und gegenüber der Linse innerhalb des Glaszylinders zuweilen ein Reflektor. (Beste Bezugsquelle Friemann & Wolff in Zwickau.)

Auch die vom Verfasser vorgeschlagene Einrichtung, wobei ein gebogener Glasstab, der in einer mit Kork gefütterten Ansatzröhre so an einer Sicherheitslampe angebracht wird, wie Fig. 281 andeutet, hat sich gut bewährt. Das Licht tritt durch die eine polierte Endfläche in den Glasstab ein, wird an der gebogenen Stelle total reflektiert und verläßt den Stab ohne Helligkeitsverlust am anderen Ende. Diese Endfläche setzt man auf das Deckglas des Nonius und erzielt eine ruhige und gleichmäßige Beleuchtung. Die Vorrichtung ist zum Ablesen des Kompasses nicht geeignet.

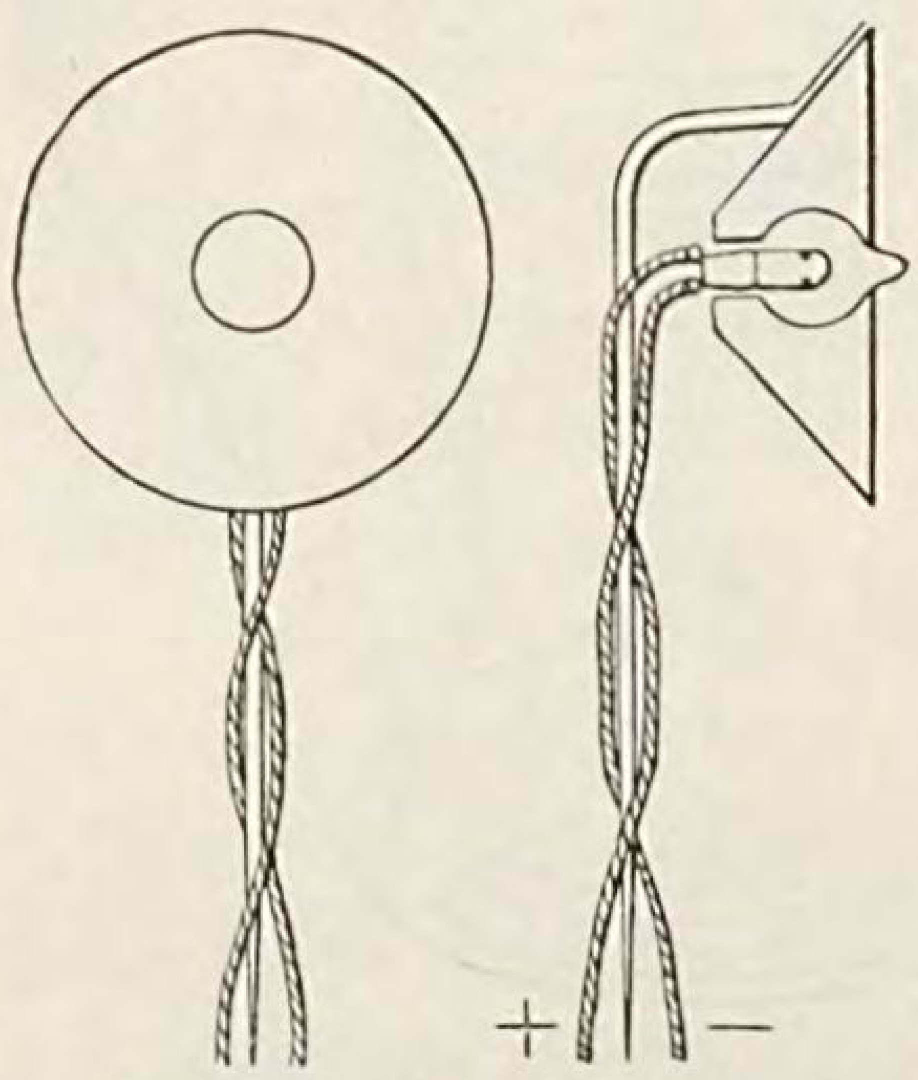


Fig. 282a u. b. Elektrische Glühlämpchen zum Nonienablesen.

Prof. Chrismar hat in der Österr. Zeitschrift 1886 Nr. 25 die Verwendung des elektrischen Lichtes zum Ablesen der Nonien vorgeschlagen. Fig. 282 zeigt die kleinen Glühlämpchen in natürlicher Größe, die mit der Hand leicht geführt werden können. Die Speisung der Lampen geschah ursprünglich mit Akkumulatoren, in der neueren Zeit werden Induktionsapparate mitgeführt, in denen während des Ablesens der Nonien der erforderliche Strom erzeugt wird. Die kleine Glasbirne würde beim langen Glühen bald zerstört werden, der Strom wird deshalb nur geschlossen, wenn beobachtet werden soll. Hierzu genügen zwei Minuten, während welcher Zeit die Glasbirne nicht erhitzt wird.

§ 144. Von dem in der Grube geführten Taschenbuche der Vermessungen ist eine Reinschrift anzufertigen. Für Kompaßmessungen ist das Formular S. 247 anzuwenden, in welches ein kleiner Zug eingetragen ist.

Für Theodolitmessungen ist eines der beiden Formulare zu wählen, die auf Seite 235 und 240 benutzt sind.

Diese Reinschriften erhalten eine Uberschrift, die den Namen der Grube, Zweck des Zuges, das angewandte Instrument und den Tag der Ausführung angiebt. Ferner gehört dahin eine Bemerkung über die Größe der Deklination oder über das Streichen der Orientierungslinie, sowie über den Horizont, auf welchen sich die Höhenzahlen (Seigerteufenabschlüsse) beziehen.

Die Skizzen werden auf die rechte freie Seite der Formulare gezeichnet, und wenn auch in der Grube nur die einzelnen Schnüre getrennt skizziert wurden, so sollte man es in der Reinschrift nie versäumen, auch noch eine zusammenhängende Skizze hinzuzufügen, weil dadurch das Winkelbuch ungemein an Übersichtlichkeit gewinnt und

eine Benutzung desselben in späteren Zeiten ohne Schwierigkeit möglich gemacht wird.

Nach beendigter Reinschrift sind für sämtliche flache Schnüre die Sohlen und Seigerteufen zu berechnen und in die dazu bestimmten Spalten des Formulars einzutragen.

Das Berechnen kann mit Hilfe der Logarithmen oder von Tabellen geschehen, von denen es mehrere giebt:

1) Der geschwind und richtig rechnende Markscheider von C. W. Böbert, Leipzig 1842, 2. Auflage.

2) Die vielfachen Sinus und Kosinus von Liebenam von 5 zu 5 Minuten. Eisleben 1873.

3) Tabellen zur Sere chnung der Seigerteufen und Sohlen zu Winkeln bis zu 2,5 Minuten von C. A. Schütze, Quedlinburg 1875.

4) Mathematische Tafeln für Markscheider zu Winkeln bis zu 2,5 Minuten von E. Lüling, Bonn 1881.

Jede Tabelle enthält eine Anleitung der Benutzung. Sie braucht deshalb nicht erläutert zu werden.

Auf eines ist jedoch aufmerksam zu machen, daß man bei Berechnung der Sohlen (nicht der Seigerteufen) bei nicht zu steilen Neigungen durch Abschätzen das ausführliche Rechnen und damit viel Zeit ersparen kann.

Z. B. die flache Länge sei 11,845, der Neigungswinkel $4^0 10'$. Die genaue Berechnung ergiebt 11,814 für die Sohle. Wie ein Blick in die Lülingschen Tafeln lehrt, verkürzt sich die Projektion von 12 m bei $4^0 10'$ Neigung um 32 Millimeter. $11,845 - 0,032 = 11,813$. Man macht also bei der Abschätzung den unwesentlichen Fehler von 1 mm.

Aus den ermittelten Seigerteufen sind sodann die Höhenzahlen (Abstand von dem gewählten Vermessungshorizont), wenn auch nicht für alle Punkte, so doch für diejenigen auszurechnen, welche im Seigerriß dargestellt werden sollen.

Die Berechnung der Höhenzahlen eines Punktes erfolgt genau wie bei den geometrischen Nivellements (Formular auf Seite 173) aus der algebraischen Summe der steigenden und fallenden Seigerteufen der vorhergehenden Punkte, sowie aus der Höhenzahl des Anfangspunktes.

Zweigt sich aus dem Hauptzuge ein Nebenzug ab, so ist die Höhenzahl des Abgangspunktes vorzutragen.

§ 145. **Das Zulegen.** Das Auftragen des der markscheiderischen Messung zu Grunde liegenden Netzes von Schnüren wird das Zulegen genannt. Man unterscheidet das mechanische Zulegen und das nach berechneten Koordinaten. Das erstere geschieht mit dem Kompaß, oder mit dem Transporteur, das zweite mit Zirkel und Maßstab.

Mit dem mechanischen Zulegen werden die Streichwinkel oder die Neigungswinkel gegen die Abszissenachse sowie die Längen der Polygonseiten unmittelbar aufgetragen, bei der Zulage nach Koordinaten nur

die Polygonpunkte in ein Quadratnetz. Durch die nachträgliche Verbindung der eingezeichneten Punkte erhält man erst die Polygonseiten.

Die Zulage mit dem Kompaß. Hierzu ist ein Arbeitsraum erforderlich, der Erschütterungen nicht ausgesetzt ist und in dem ablenkende Einflüsse nicht vorhanden sind. Um sich hiervon zu überzeugen, zieht man mit einem richtigen Lineal eine lange Linie auf den horizontalen Zeichentisch und legt die Zulegeplatte an verschiedenen Stellen dieser Linie an. Giebt die Nadel immer dasselbe Streichen an, so sind in der Nähe dieser Linie keine Ablenkungen der Magnetnadel zu befürchten. Wiederholt man dies Verfahren an Linien, die zur ersten ungefähr rechtwinkelig sind, so wird man sich bald überzeugen, ob die ganze Tischfläche oder doch ein Teil derselben zum Zulegen mit dem Kompaß geeignet ist.

Soll die Messung auf einen schon vorhandenen Riß aufgetragen werden, so ist er zunächst zu orientieren.

Unter dem Orientieren eines Risses versteht man streng genommen das Einbringen des Risses in eine solche Lage, daß die dargestellten Gegenstände parallel den in der Wirklichkeit vorhandenen liegen.

Ein solches Orientieren des Risses mit dem Kompaß in der Zulegeplatte erfolgt in der Stellung der Kompaßbüchse, in welcher die Nulllinie parallel der langen Seitenkante ist. Die Orientierung kann geschehen:

1. nach dem astronomischen Meridian,
2. nach der Magnetlinie,
3. nach der Orientierungslinie.

In jedem der drei Fälle legt man die lange Kante der Zulegeplatte an die Linie, wonach der Riß orientiert werden soll, und dreht den Riß mit dem darauf liegenden Kompaß so lange, bis die Nadel den entsprechenden Streichwinkel zeigt.

Im ersten Falle, wenn nach dem astronomischen Meridian orientiert werden soll, ist dieser Winkel gleich der augenblicklichen Deklination. Die Kenntnis des Deklinationswinkels ist also hierbei notwendig.

Im zweiten Falle, wenn nach der Magnetlinie orientiert werden soll, ist nicht bloß die Kenntnis der augenblicklichen Deklination, sondern auch derjenigen erforderlich, die zu der Zeit beobachtet war, als die Magnetlinie auf den Riß aufgetragen wurde. Stimmen beide Deklinationen überein, so bringt man die Nadel zum Einspielen auf Null. War aber z. B. die ältere Deklination 13 Grad, die augenblickliche 11 Grad, hatte also die Deklination in der Zwischenzeit sich um 2 Grad verringert, so muß man die Nadel des an der älteren Magnetlinie anliegenden Kompasses nicht auf Null, sondern auf 358 Grad einspielen lassen.

War dagegen die Deklination gegen früher um 2 Grad größer geworden, so wird man die Nadel auf den Teilstrich 2 Grad durch Drehung des Risses bringen.

Im dritten Falle hat man die Kenntnis der Deklination nicht nötig. Es ist nur erforderlich, daß das Streichen der Orientierungslinie am Tage der Messung abgenommen war. Man legt die Zulegeplatte an die auf dem Risse vorhandene Orientierungslinie, dreht den Riß so lange, bis die Nadel den abgelesenen Streichwinkel zeigt, und die Orientierung des Risses ist vollkommen erreicht.

Der Nutzen der Orientierungslinie liegt demnach nicht bloß darin, daß wie in § 69 erläutert war, der Orientierungsfehler einer Bussole oder eines Kompasses unschädlich gemacht, sondern auch darin, daß der aus der Unkenntnis der Deklinationsänderung entspringende Fehler beseitigt wird, ohne daß die Größe der magnetischen Deklination bekannt ist.

Durch das Drehen wird der Riß sehr häufig in eine unbequeme, der Stellung der Tischplatte wenig entsprechende, Lage gebracht. Man giebt deshalb erst dem Risse eine für die Tischstellung bequeme Lage, legt die Zulegeplatte an eine der obigen drei Linien, dreht dann nicht den Riß, sondern die Kompaßbüchse in dem Napf der Platte so lange, bis die Nadel den erforderlichen Winkel zeigt und klemmt die Büchse fest. Hierdurch ist allerdings die Orientierung im strengen Sinne nicht mehr vorhanden, sondern der Riß ist um denselben Winkel gegen die wirkliche Lage der dargestellten Gegenstände verschwenkt, um den die Kompaßbüchse gedreht wurde.

Auf die Richtigkeit der Zulage kann die Drehung des Kompasses in der Zulageplatte keinen Einfluß haben, weil sämtliche Streichwinkel, einschließlich der Orientierungslinie um denselben Winkel zu groß oder zu klein aufgetragen werden.

Soll auf Grund der Vermessungen ein neuer Riß angefertigt werden und ist die Figur der darzustellenden Grubenräume nicht anderweitig bekannt, so ist es zweckmäßig, erst eine flüchtige Zulage in kleinem Maßstabe auszuführen, um ein Urteil über die Größe des zu verwendenden Papiers, über den Maßstab u. s. w. zu erhalten.

Wenn nicht andere Gründe hindernd entgegenstehen, so wird man die Zulage so zu Papier bringen, daß die Längsrichtung derselben mit der langen Seite des Papiers parallel läuft. Zu diesem Zwecke wird man den Zulegekompaß so auf das Papier legen, daß die lange Seite der Zulegeplatte parallel dem langen Papierrande ist, und die Büchse in der Zulegeplatte so lange drehen, bis die Nadel das aus der vorläufigen Zulage entnommene Streichen der Längenausdehnung des Zuges zeigt.

Das Papier ist vor der Benutzung auf ein Reißbrett zu spannen. Zu diesem Zwecke feuchtet man das Papier mit einem reinen Schwamme

auf der Rückseite an und klebt es an den Rändern mit Mundleim fest. Schneidet man das trocken gewordene Papier ab, so wird es alle Unebenheiten, eine etwaige Neigung zum Rollen verloren haben und sich glatt auf den Tisch legen.

Sodann ist das Papier mit einem Quadratnetz zu versehen, dessen Linien je nach dem Maßstabe einen bestimmten Abstand von 10, 20, 50 m u. s. w. haben und parallel der Papierkante laufen, wenn nicht ein bestimmt vorgeschriebenes Koordinatensystem darauf einen ändernden Einfluß hat. Die Netzlinien haben hier nur den Zweck, bei späteren Kopierungen des Risses zum Anhalten zu dienen.

Das Verjüngungsverhältnis ist immer so zu wählen, daß es ein Vielfaches von $\frac{1}{100}$ ist, z. B. $\frac{1}{200}$, $\frac{1}{500}$, $\frac{1}{1000}$ u. s. w.

Auf den neuen Riß trägt man das Streichen der Orientierungslinie, des astronomischen und magnetischen Meridians und schreibt den Deklinationswinkel zur Zeit der Auftragung in Zahlen ein. Nunmehr beginnt man mit der eigentlichen Zulage.

Dies geschieht in der Weise, daß man die lange Kante der Zulegeplatte so an den Anfangspunkt legt, daß die Nadel den Streichwinkel der ersten Schnur zeigt. Darauf zieht man an der Kante der Platte eine scharfe Bleilinie in der Zugrichtung von genügender Länge und trägt mittels eines Zirkels, der am besten bis auf die äußersten stählernen Spitzen ganz aus Messing gefertigt ist, im verjüngten Maßstabe die Sohle der ersten Schnur vom Anfangspunkte auf die Linie ab.

An den dadurch erhaltenen Punkt, den man mit einem kleinen Kreise einschließt und an den man den entsprechenden Buchstaben mit Blei schreibt, legt man die Zulegeplatte wieder an und verfährt wie vorher.

Hierbei hat man die Zulegeplatte so zu handhaben, daß, wie beim Messen in der Grube, Nord stets in der Zugrichtung voraus gestellt wird. War die Kompaßbüchse in der Platte gedreht, so wird man hierbei eine Schraube der Zulegeplatte zum Anhalten nehmen.

Ist ein Verschieben des Papiers zu befürchten, so hat man sich von Zeit zu Zeit durch Anlegen der Zulegeplatte an die Orientierungs- bezw. Magnetlinie von der unveränderten Lage zu überzeugen.

Da fast jeder Kompaß mit kleinen Fehlern behaftet ist, welche von Einfluß auf die beobachteten Streichwinkel waren, so ist es ratsam, zum Zulegen denselben Kompaß zu benutzen, mit dem gezogen wurde, weil dadurch die Folgen jener Fehler ausgeschieden werden.

Die in der Grube abgelesenen Streichwinkel sind außerdem mit dem Fehler der täglichen Variation behaftet. Da man im allgemeinen annehmen darf, daß der Verlauf der täglichen Variation innerhalb der Zeit, welche zwischen der Ausführung und der Zulage eines Markscheiderzuges liegt, dieselbe bleibt oder doch die Schwankungen die

Ablesegrenze auf dem Kompasse nicht erreichen, so würde zur Vermeidung der Fehler der Variation der Zug zu derselben Tageszeit wieder zuzulegen sein, in welcher er in der Grube ausgeführt wurde. Dadurch wird aber das Geschäft des Zulegens zu einem sehr zeitraubenden, und es ist besser, die Einwirkung der Variation durch Rechnung auszuscheiden.

Soll diese Rechnung möglichst zuverlässig ausfallen, so müssen während des Grubenzuges gleichzeitig Beobachtungen an einer anderen Magnetnadel angestellt werden oder es müssen, was viel bequemer ist, die Kurven eines selbstschreibenden Deklinatoriums zur Verfügung stehen.

Andernfalls wird es annähernd dadurch geschehen müssen, daß man den normalen, der Jahres- und Tageszeit entsprechenden Verlauf der Variation voraussetzt.

Bei sehr ausgedehnten Zügen, deren Zulage viel Zeit erfordert, ist die während der Zulage auftretende Variation auch von Einfluß, welche ebenfalls durch Rechnung ausgeschieden werden kann oder, wenn der Teilkreis des Kompasses durch ein Mikrometerwerk beweglich ist, durch Drehung des Kreises.

§ 146. **Die unvermeidlichen Fehler der Kompaßzulage.** Die Früchte aller dieser Vorsichtsmaßregeln werden aber beeinträchtigt durch die Fehler, denen man beim Zulegen als Zeichenarbeit ausgesetzt ist. Die Genauigkeit des Maßstabes, die Dicke des Bleifederstriches, das Abgreifen vom Maßstabe, die feinere oder gröbere Spitze des Zirkels, die Festigkeit des Papiers u. s. w., alles ist von Einfluß auf die Richtigkeit einer Zulage. Professor Prediger veröffentlicht in der Berg- und hüttenm. Zeitschr. 1859, Nr. 18, Versuche, aus denen nachgewiesen wird, daß der Zeichenfehler einer Zulage von einem nicht sehr ausgedehnten Zuge sich bis zu 15 Minuten steigern kann.

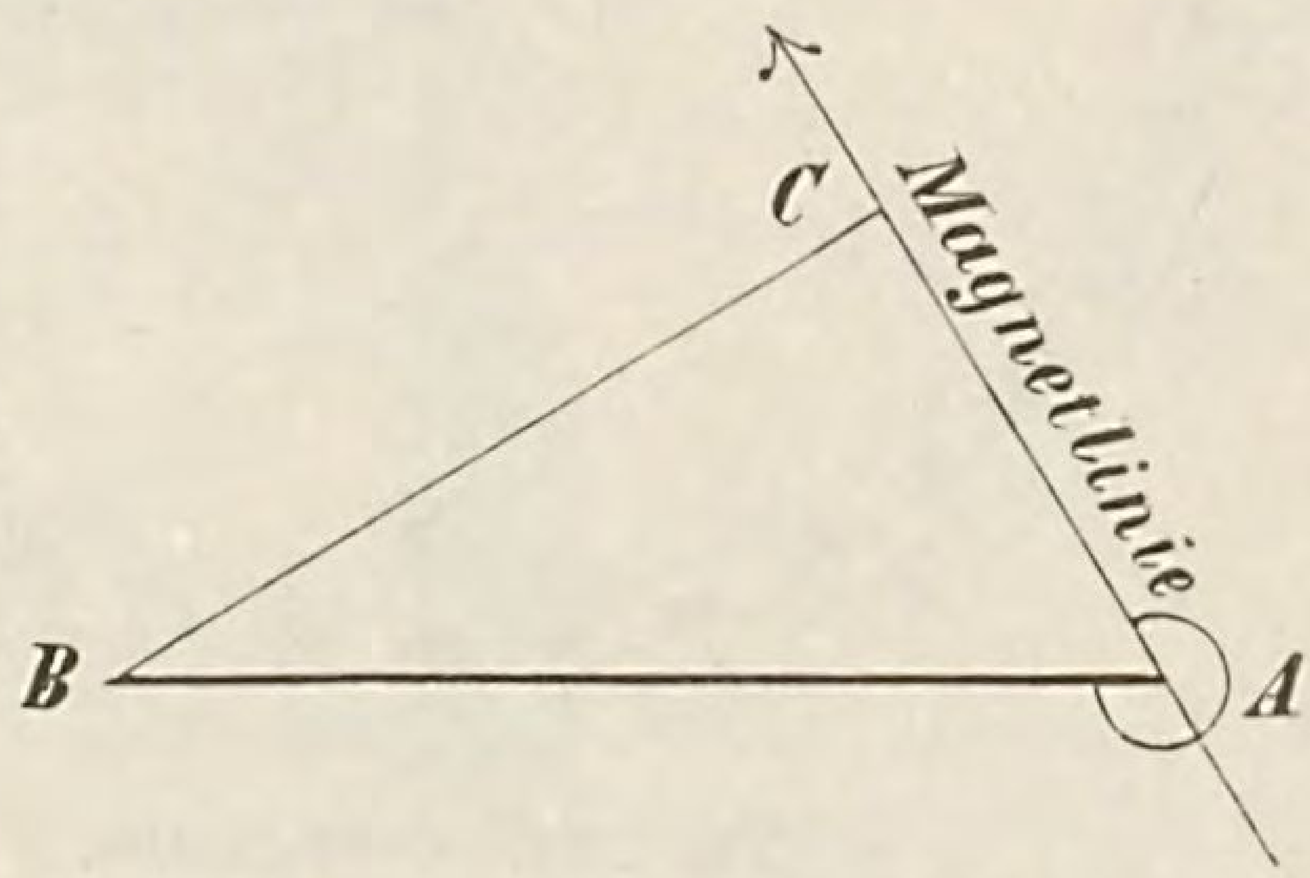


Fig. 293. Zeichenfehler der Zulage.

Zur Ausführung eines solchen Versuches (Fig. 293) zieht man auf dem Papiere des Zeichentisches eine Linie AB und bestimmt deren Länge nach einem Maßstabe auf das genaueste; sodann wird durch einen der Endpunkte A der magnetische Meridian gezogen und von B ein Perpendikel darauf gefällt. Durch die genau maßstäblich ermittelten Längen AC und BC ist das Streichen der Linien AB gegeben.

Führt man nun eine Zulage zwischen den Endpunkten A und B aus und berechnet die Koordinaten dieses fingierten Zuges, so müssen, wenn keine Fehler beim Zulegen gemacht wurden, die Abszissensummen gleich AC und die Ordinatensummen gleich BC sein. Finden sich jedoch Abweichungen in den Längen von AC und BC, so haben sie Einfluß auf

den Streichwinkel von AB, und der Unterschied zwischen den berechneten und aufgetragenen Größen giebt ein Maß für die Genauigkeit der Zulage. Professor PREDIGER hat 13 verschiedene Versuche mit Linien von 16—55 Meter Länge und im Maßstabe 1 : 350 ausgeführt und gefunden, daß bei Zulagen von dieser geringen Ausdehnung ein Fehler im Streichwinkel von + 15 oder — 9 Minuten zu befürchten ist.

§ 147. Einer Erscheinung ist im Anschluß an das Kapitel des Zulegens mit dem Kompaß noch Erwähnung zu thun, nämlich daß bei den Arbeiten mit dem Kompaß, namentlich aber beim Zulegen in sehr trockener Luft durch unwillkürlich streichende Berührung des Glasdeckels sich in demselben Elektrizität anhäufen kann, welche ein Anhaften der Nadel am Glase herbeiführt.

§ 148. **Das Zulegen mit dem Transporteur** (Winkelauftrager). Der einfachste Apparat dieser Art ist die Gradscheibe (Fig. 284). So nennt man eine kreisrunde, in der Mitte durchbrochene Scheibe aus Messing, die am abgeschrägten Rande eine rechtsinnig bezifferte Gradeinteilung trägt und deren Mittelpunkt durch zwei feine, in der Richtung des Durchmessers sich kreuzende, Striche auf einer, die Mittelöffnung deckende, Hornplatte bezeichnet ist. Die Zulage geschieht folgendermaßen:

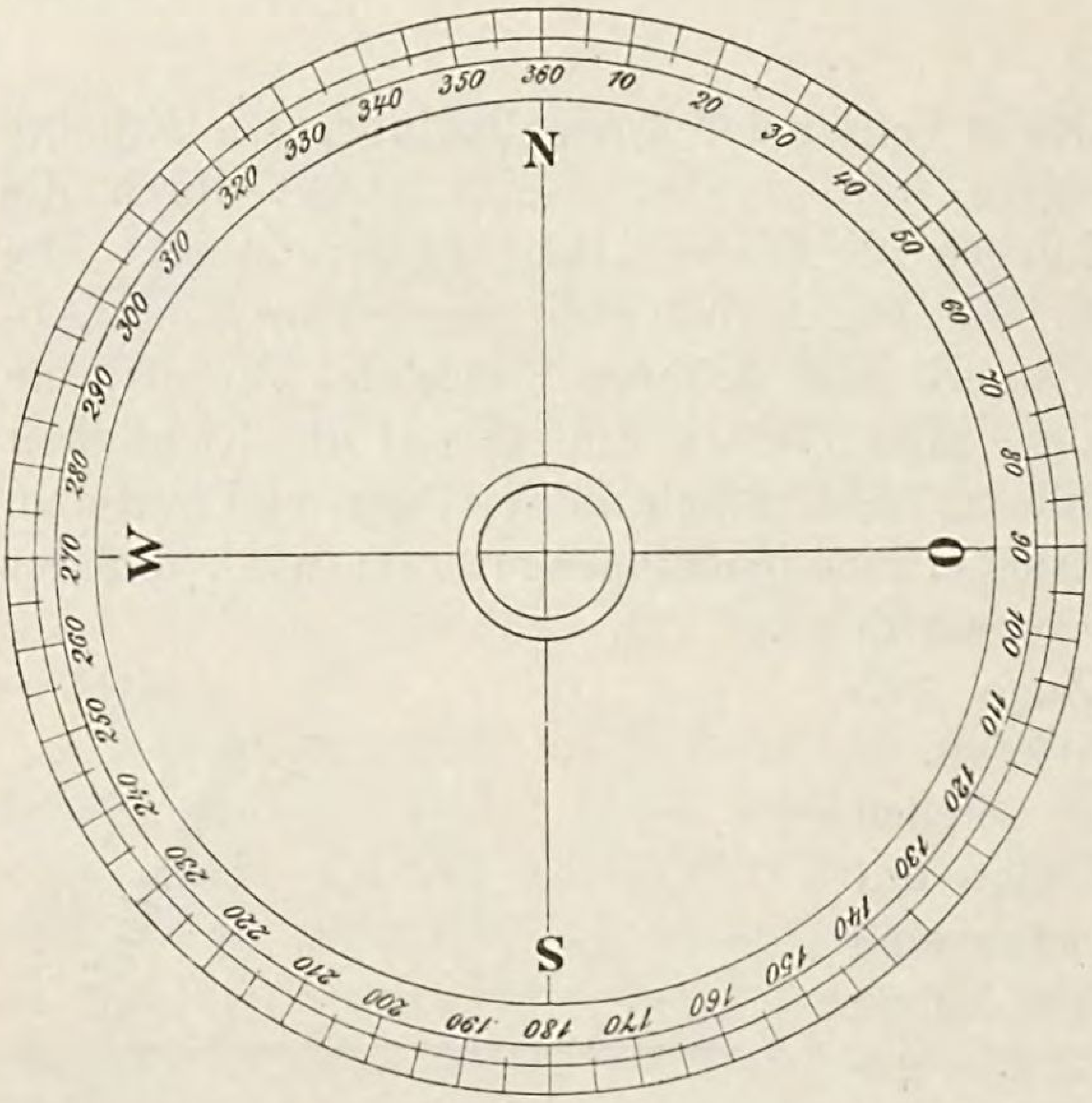


Fig. 284. Gradscheibe.

Man zieht durch den Anfangspunkt eine Parallele mit dem magnetischen Meridian und legt die Scheibe so auf das Papier, daß der Mittelpunkt auf den Anfangspunkt und die Nord-Südlinie auf den gezogenen Meridian zu liegen kommt. Mit einer Nadel oder mit der Spitze eines harten Bleistiftes bezeichnet man den Punkt am Kreisrande, der dem beobachteten Streichwinkel entspricht und verbindet ihn nach Wegnahme der Gradscheibe mit dem Anfangspunkt durch eine Bleilinie. Auf diese Linie trägt man die söhlige Länge der ersten Schnur auf, zieht durch den neu entstandenen Punkt wieder eine Parallele zum magnetischen Meridian und verfährt mit der zweiten Schnur in gleicher Weise.

Das Ziehen der Parallelen wird erleichtert, wenn die Quadratnetzlinien parallel bezw. rechtwinkelig zur Magnetrichtung sind. Man kann auch in diesem Falle den Streichwinkel von einem benachbarten Schnittpunkte zweier Netzlinien aus zulegen und die Richtung durch Abschieben mittels zweier Winkellineale auf den Polygonpunkt übertragen.

Den meisten Vorteil bieten die Gradscheiben, wenn nach Polarkoordinaten zugelegt werden muß, wie es bei den Tachymeterarbeiten ausschließlich der Fall ist. Nachdem die Gradscheibe richtig gelegt ist, wird sie mit einem besonders dazu abgepaßten Bleistück beschwert und die sämtlichen Richtwinkel der Strahlen werden am Rande markiert und mit laufenden Nummern versehen. Zum Auftragen der Längen hat man nicht nötig die Strahlen vorher mit Blei auszuziehen. Man setzt die eine Zirkelspitze in den Pol, legt an die Spitze ein kleines Lineal, bringt dessen Kante in die Richtung des Strahles und sticht mit der anderen Zirkelspitze an der Linealkante die Länge ab.

§ 149. Die Apparate zur genaueren Winkelauftragung sind der Vollkreis-, Halbkreis- oder Viertelkreis-Transporteur. Letzterer wird auch Azimutaltransporteur genannt.

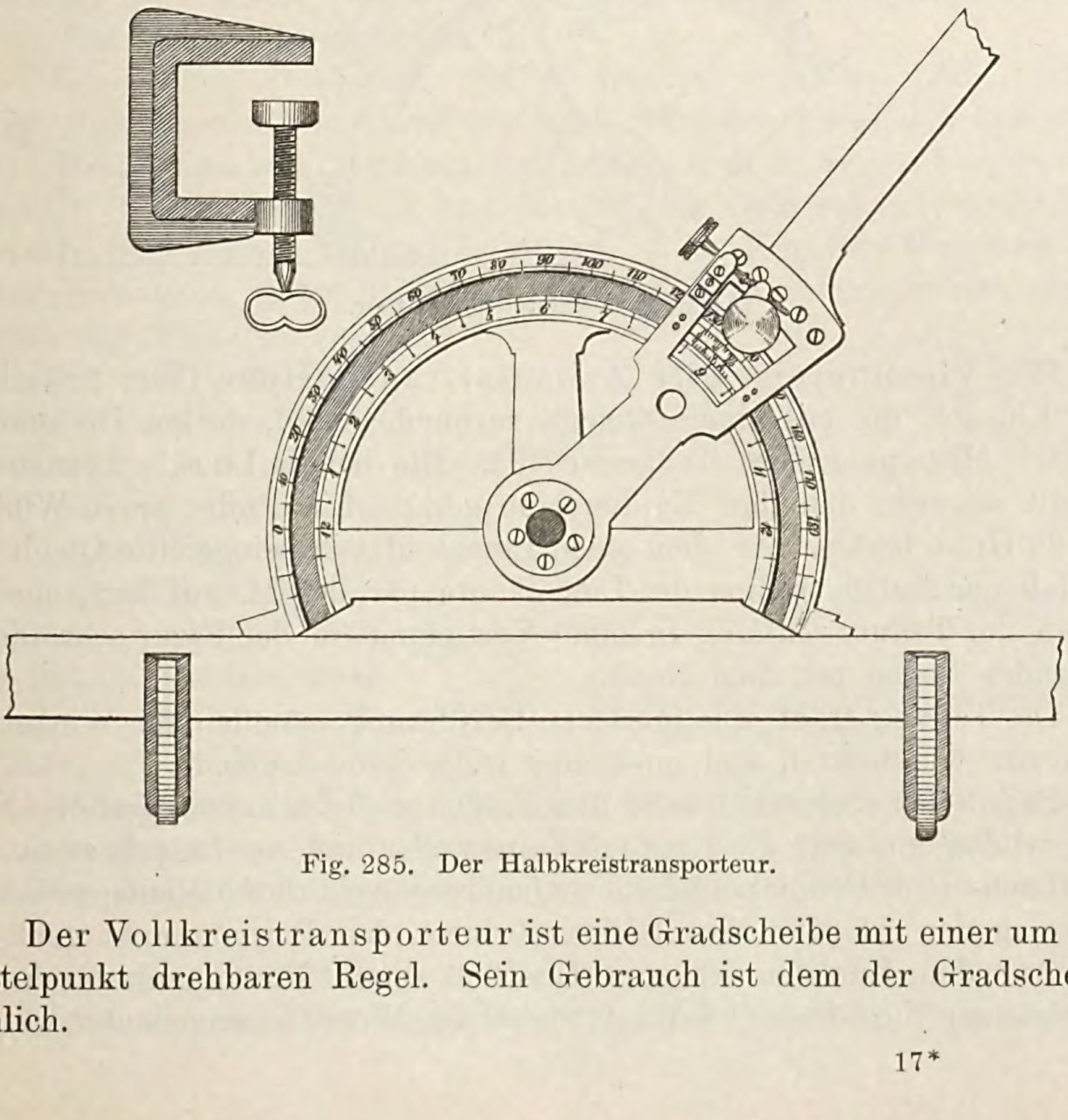


Fig. 285. Der Halbkreistransporteur.

Der Vollkreistransporteur ist eine Gradscheibe mit einer um den Mittelpunkt drehbaren Regel. Sein Gebrauch ist dem der Gradscheibe ähnlich.

17*

Zu dem Halbkreistransporteur gehört ein längeres eisernes Lineal, das beim Gebrauche durch Klemmschrauben längs der Tischkante festgehalten werden muß (Fig. 285). An dem etwas verlängerten Halbkreise des Transporteurs ist ein Ansatz angebracht, mit Hilfe dessen sich der Transporteur an dem festgeklemmten Lineal entlang verschieben läßt.

Der Gebrauch des Halbkreistransporteurs ist bequemer als der des Vollkreises, da dank seiner Verschiebbarkeit mit ihm die meisten Streichwinkel unmittelbar aufgetragen werden können.

Bei ungünstig streichenden Linien genügt es vielfach schon, die Regel auf einen um 90 Grad verschiedenen Streichwinkel zu stellen und ein rechtwinkeliges Lineal an die Regel zu legen. Erreicht man damit nicht den gewünschten Zweck, so muß man zu dem Verfahren des Abschiebens seine Zuflucht nehmen. (Vergl. vorige Seite.)

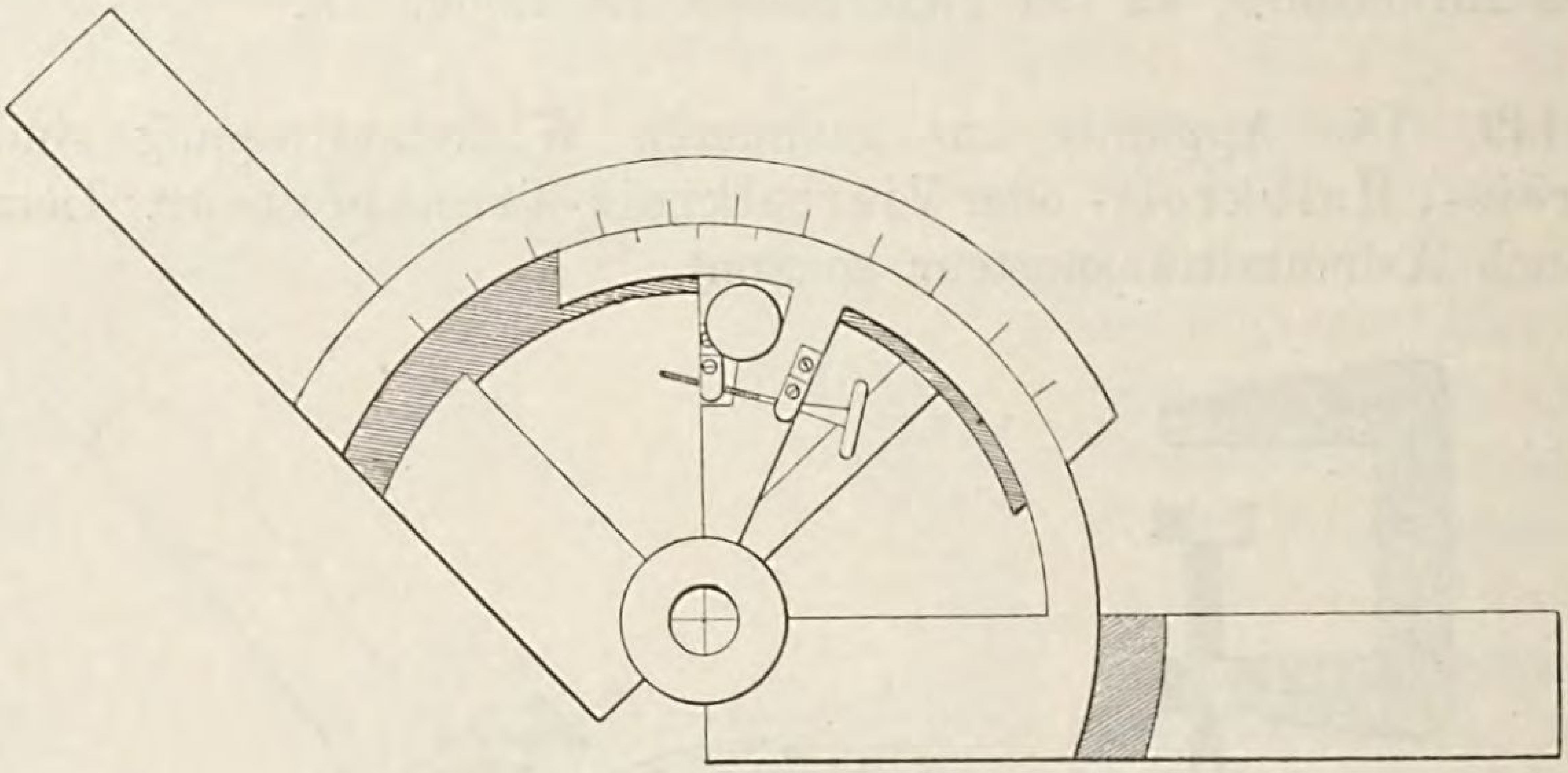


Fig. 286. Azimutaltransporteur.

Der Viertelkreis- oder Azimutaltransporteur (Fig. 286) hat zwei Lineale, die mit einem Gelenk verbunden sind, dessen Drehpunkt zugleich Mittelpunkt des Teilkreises ist. Die beiden Lineale können so gestellt werden, daß ihre Kanten eine gerade Linie oder einen Winkel von 90 Grad bilden. An dem einen Lineal sitzt der eingeteilte Quadrant so, daß der Anfangsradius der Linealkante parallel ist, auf dem anderen ein an der Teilung entlang in einer Vertiefung (in der Figur schraffiert) gleitender Bogen mit dem Nonius.

Die Teilung trägt eine fünffache Bezifferung, nämlich für Winkel in allen vier Quadranten und noch eine widersinnig laufende.

Beim Gebrauch stellt man den Nonius auf den aufzutragenden Neigungswinkel und legt die Kante des einen oder anderen Lineals so an die Abszissen- oder Ordinatenlinie des Quadratnetzes, daß die entsprechende Kante in der erforderlichen Richtung durch den Polygonpunkt geht.

Auf den Linealen ist zum Überfluß durch Pfeile und durch die Bezeichnung Nord-Süd, Ost-West, Süd-Nord, West-Ost angedeutet, welche

Lage man dem einen Lineal jedesmal geben muß, um den richtigen Neigungswinkel mit dem anderen auftragen zu können.

Die Transporteure werden beim Zulegen von Kompaß- und Theodolitzügen benutzt. Bei letzteren sind hierzu die Azimute der Polygonseiten abzuleiten. Bei Kompaßmessungen muß die tägliche Variation aus den beobachteten Streichwinkeln vorher ausgeschieden sein.

Bei der Zulage einer Kompaßmessung mittels des Transporteurs werden die dem benutzten Kompasse anhaftenden kleinen Fehler nicht ausgeglichen, und die Zeichenfehler sind dieselben, wie bei der Zulage mit der Zulegeplatte. Durch das zuweilen notwendig werdende Einschalten eines Winkellineals können sich diese Fehler sogar noch steigern.

Dagegen arbeitet man mit dem Transporteur schneller als mit dem Kompaß, namentlich, wenn viele Schnüre von nahezu gleichem Streichen aufgetragen werden müssen, und man ist von den die Nadel ablenkenden Gegenständen und den Erschütterungen nicht abhängig.

§ 150. Die Ausgleichungen der Fehler in der mechanischen Zulage. Kompaßzüge, welche „mechanisch" mit Zulegeplatte oder Transporteur zugelegt worden sind, werden zweckmäßig auch auf mechanischem Wege, d. h. konstruktiv, ausgeglichen.

Bei offenen Polygonen, welche zweimal gemessen sind, legt man Zug und Gegenzug in einem gewissen Abstande parallel nebeneinander zu. Die Länge und Richtung der Linien, welche die Anfangspunkte P und P_1, die Endpunkte Q und Q_1 und die anderen gemeinschaftlichen Punkte beider Züge verbinden, müssen, wenn Zug und Gegenzug genau übereinstimmen, gleich lang sein und gleiche Richtung haben. Ist dies nicht der Fall, so verschiebt man mit Hilfe guter Winkellineale den Gegenzug parallel mit sich derartig, daß P_1 auf P und der Endpunkt Q_1 nach Q_2 fällt (Fig. 287). Alsdann verbindet man Q mit Q_2, halbiert diese Linie in Q_3 und erhält damit die wahrscheinlichste Lage des Schlußpunktes. Den zwischenliegenden Zug konstruiert man entweder aus freier Hand, oder wenn Zug und Gegenzug mehrere gemeinschaftliche Punkte besitzen, so verfährt man hier wie am Schlußpunkte.

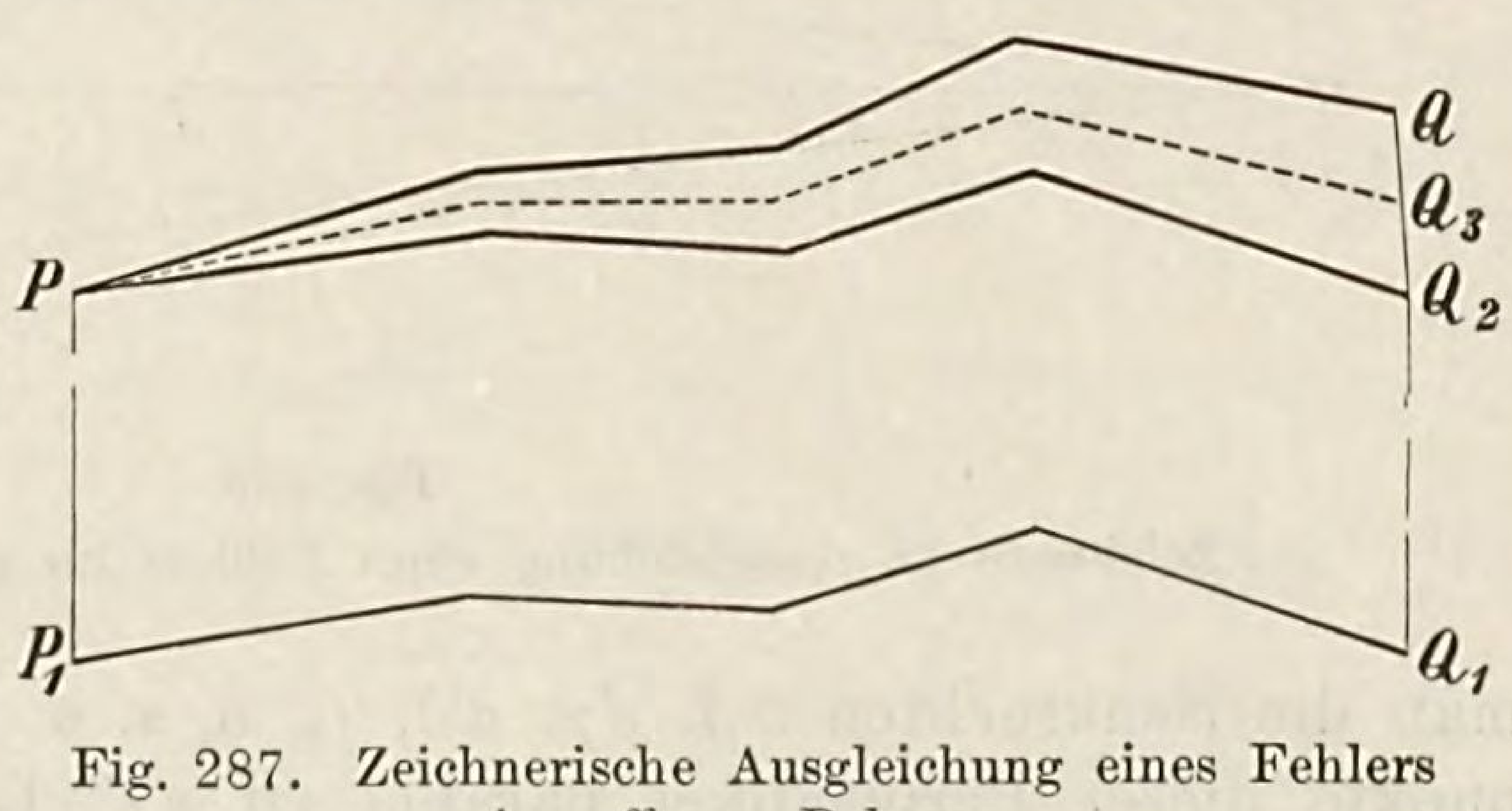


Fig. 287. Zeichnerische Ausgleichung eines Fehlers im offenen Polygon.

Geschlossene Polygone zerlegt man sich derartig, daß man einen Punkt a aussucht, der womöglich um gleich viel Seiten von den fehler-

haften Schlußpunkten e' und e'' absteht. Sodann zieht man die Linien ae', ae'' und $e'e''$, halbiert $e'e''$ in e und zieht ae.

Hierbei sind drei Fälle zu unterscheiden. Erstens können die Polygonhälften auseinanderklaffen oder übereinandergreifen, oder es fällt die Verbindungslinie der beiden fehlerhaften Schlußpunkte $e'e''$ in die Linien $a\,e$.

Die beiden ersten Fälle sind so ähnlich, daß es genügt, den ersten zu besprechen.

In Fig. 288 sind $a\,b'c'd'e'$ und $a\,h'g'f'e''$ die auseinanderklaffenden Polygonhälften. Nachdem die oben genannten Linien gezogen sind, fälle

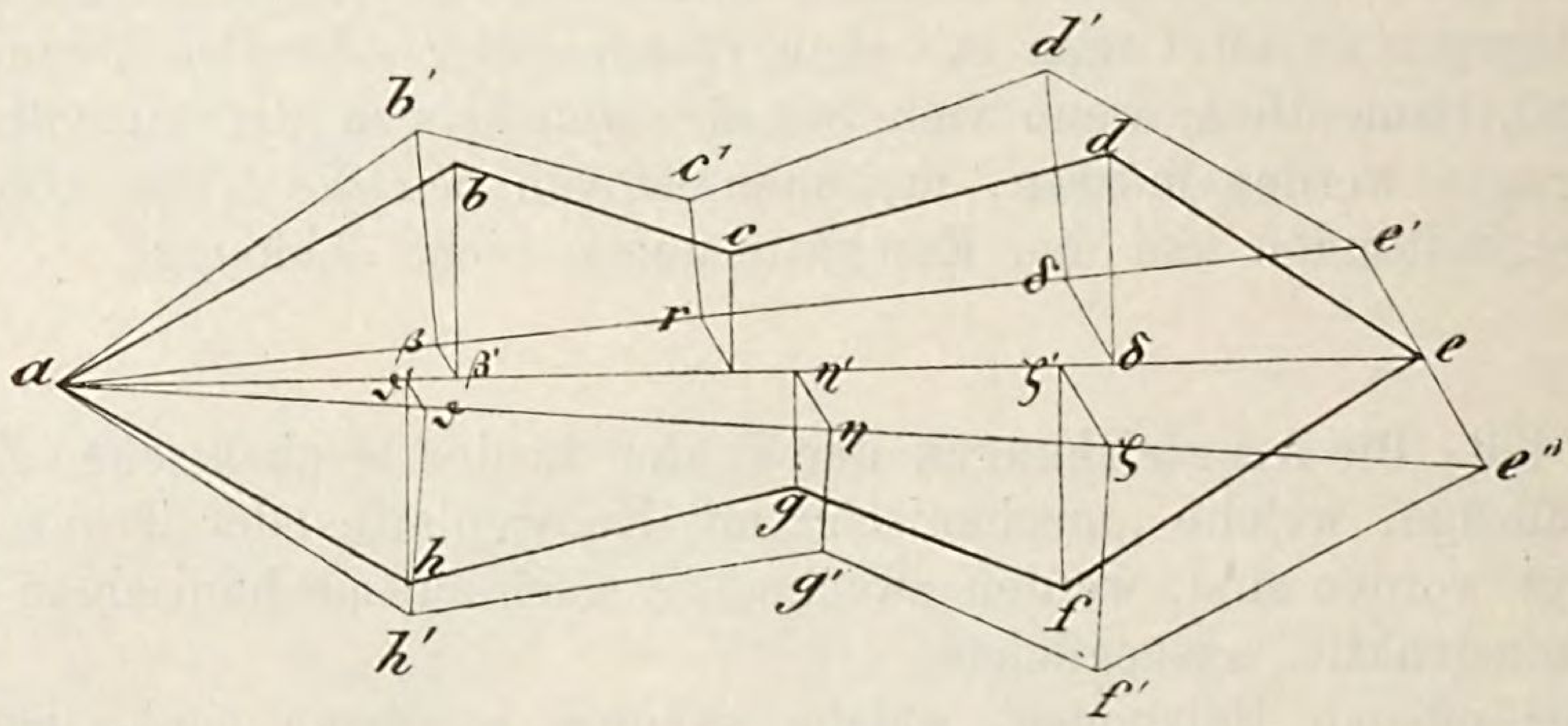


Fig. 288.

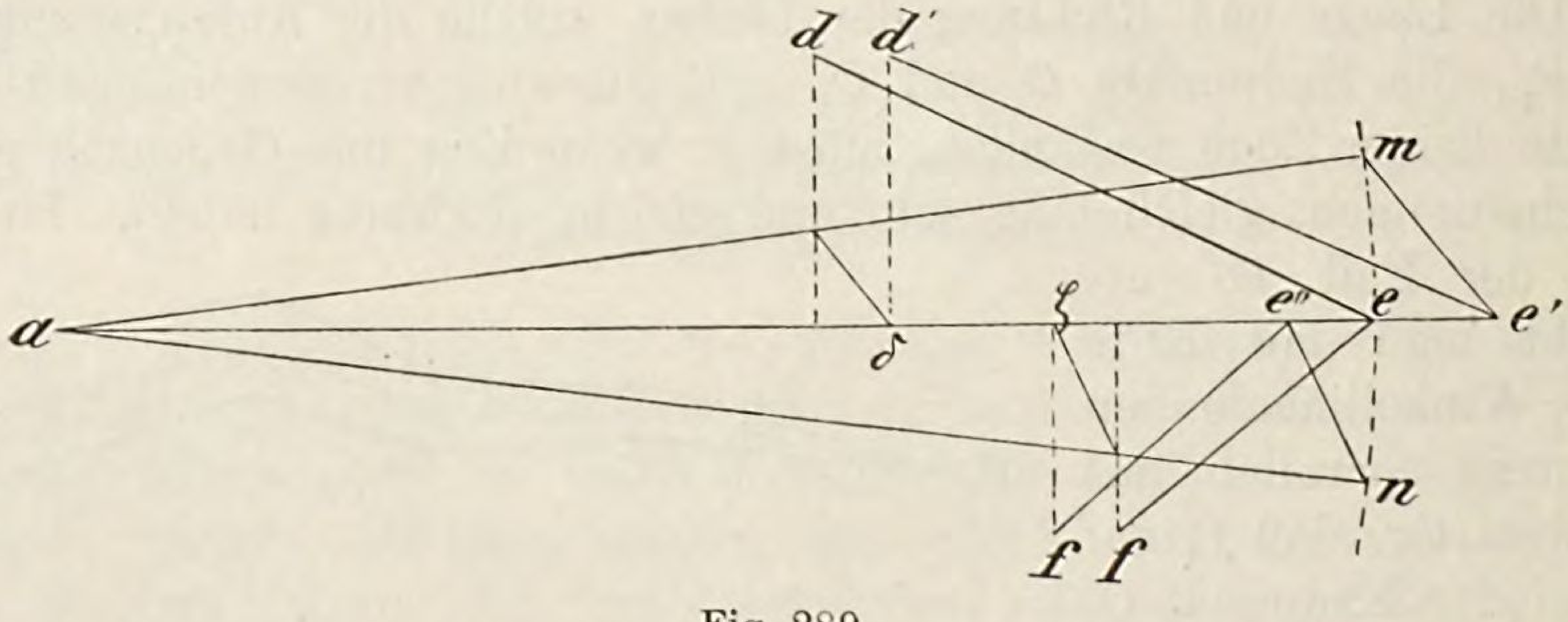


Fig. 289.
Zeichnerische Ausgleichung eines Fehlers im geschlossenen Polygon.

man die Senkrechten $b'\beta$, $c'\gamma$, $d'\delta$, $f\zeta$ u. s. w. und ziehe durch die Fußpunkte dieser Perpendikel parallel zu $e'e''$ Linien bis zum Schnitt mit der Linie $a\,e$, also bis β', γ', δ' u. s. w. In diesen Schnittpunkten errichte man auf der Linie $a\,e$ die Perpendikel $\beta'b$, $\gamma'c$, $\delta'd$ u. s. w., welche mit den Perpendikeln $\beta b'$, $\gamma c'$, $\delta d'$ u. s. w. gleiche Länge haben. Verbindet man die Endpunkte dieser Perpendikel, so erhält man das schließende Polygon $abcdefgh$.

Im dritten Falle (Fig. 289) halbiere man ebenfalls $e''e'$ in e, beschreibe mit ae als Radius um a einen Kreisbogen men, mache $me = en$ und ziehe

am und *an*, sowie *e'm* und *en*. Weiter fälle man von den falschen Polygonpunkten, von denen nur zwei, *d'* und *f'*, in der Figur dargestellt sind, die Perpendikel $d'\delta$, $f'\zeta$ u. s. w. und durch die Fußpunkte dieser Perpendikel Parallelen mit *e'm*, bezw. *e''n* bis zum Schnitt mit der Hilfslinie *am* oder *an*. Durch diese Schnittpunkte konstruiere man wieder Senkrechte auf *ae* von gleichen Längen, wie $d'\delta$ und $f'\zeta$ u. s. w. Verbindet man die Köpfe dieser Senkrechten der Reihe nach mit Einschaltung der Punkte *a* und *e*, so erhält man ein geschlossenes Polygon.

Man wird bei umfangreichen Polygonen nicht jeden einzelnen Punkt desselben auf diese Weise verbessern, sondern nur solche, in denen der Zug eine scharfe Wendung macht, oder aus denen Nebenzüge sich abzweigen.

§ 151. **Die Zulage nach berechneten Koordinaten.** Die etwa vorhandenen Schlußfehler sind vor Ausführung der Zulage nach § 135 auszugleichen. Zur Ausführung der Zulage versieht man bei Anfertigung eines neuen Risses das Papier mit einem Quadratnetz und beziffert die einzelnen Linien des Netzes mit Hinzufügung der Vorzeichen, wie aus Fig. 290 zu ersehen ist. Die Bezifferung geht von dem gewählten, oder wenn schon ein Koordinatensystem vorhanden ist, von dem vorgeschriebenen Nullpunkte aus.

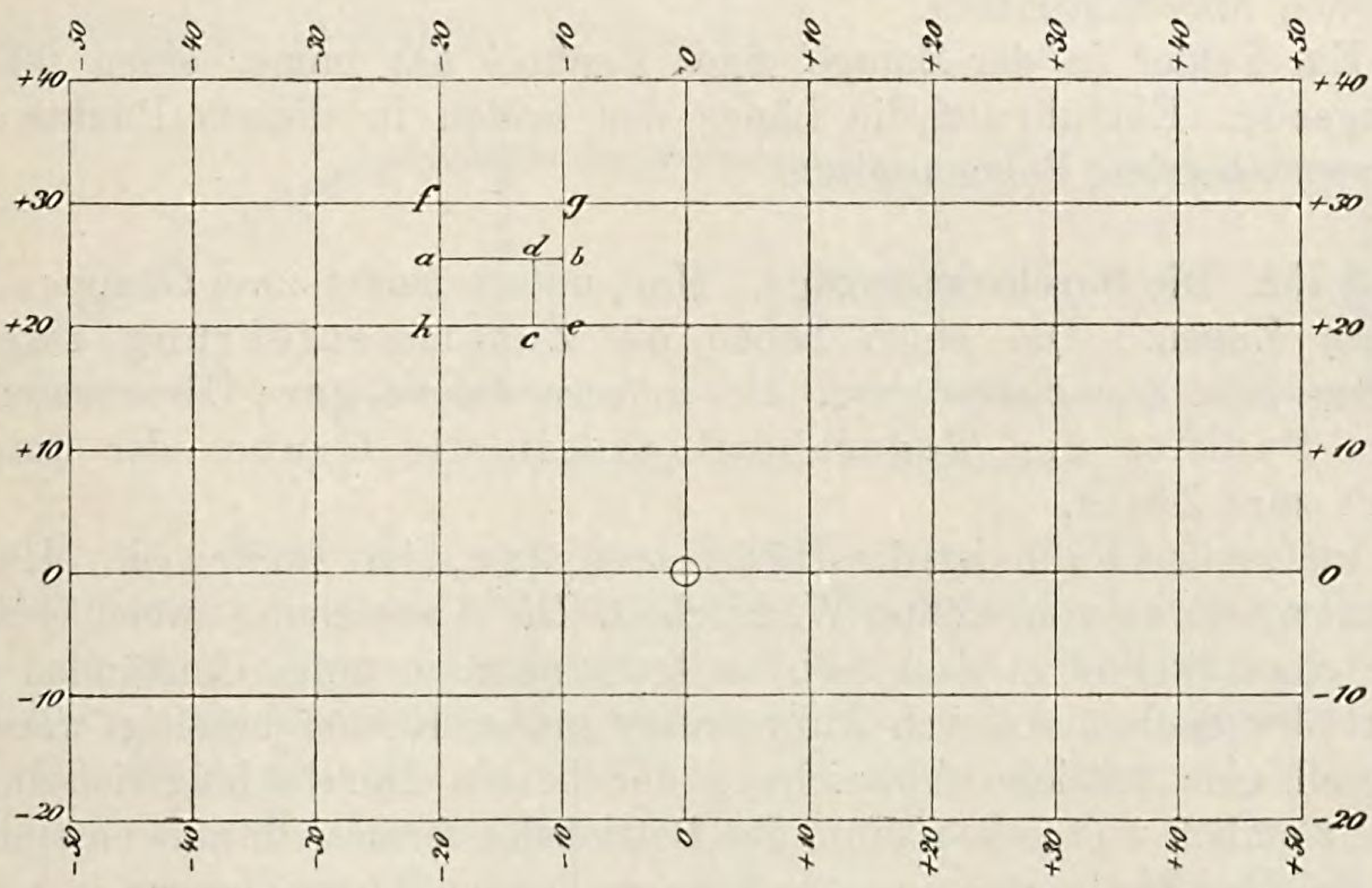


Fig. 290. Zulegen nach berechneten Koordinaten.

Das Verfahren erläutert sich am einfachsten an einem Beispiele: der Punkt *d*, dessen Koordinaten O. = — 12 und A. = + 25 sind, soll aufgetragen werden.

Man sucht zunächst das Quadrat *efgh* auf, in welches der Punkt *d* fallen muß. Das gesuchte Quadrat wird in der Abszissenrichtung von

den Netzlinien + 20 und + 30 und in der Ordinatenrichtung von den Netzlinien — 10 und — 20 gebildet. Sodann nimmt man die Länge 5 in den Zirkel und trägt dieselbe von der Netzlinie + 20 aus in der positiven Abszissenrichtung auf die beiden Quadratseiten ab, die von den parallel der Abszissenachse laufenden Netzlinien — 10 und — 20 gebildet werden, so daß $ah = be = 5$, und der Abstand der Punkte *a* und *b* von der Ordinatenachse = + 25 ist. Durch die beiden auf diese Weise erhaltenen Punkte *a* und *b* zieht man eine feine Bleistiftlinie, nimmt die Länge 2 in den Zirkel, trägt diese vom Punkt *b*, also von der Netzlinie — 10, in der negativen Ordinatenrichtung auf die Linie *ba* ab und erhält so die Lage des Punktes *d*, mit der Ordinate — 12 und der Abszisse + 25.

Benutzt man zwei Zirkel zugleich, so trägt man erst die Punkte *b* und *c* von *e* aus mit den Längen 5 und 2 auf und schlägt vom Punkte *c* aus mit dem Radius 5, sowie vom Punkte *b* mit dem Radius 2 je einen Bogen. Der Schnittpunkt der Bögen ist der gesuchte Punkt *d*.

Die aufgetragenen Punkte verbindet man in der der Wirklichkeit entsprechenden Weise durch gerade Linien und erhält so den Polygonzug.

Die Richtigkeit der Zulage prüft man am einfachsten und schnellsten dadurch, daß man die Länge der Verbindungslinien der Polygonpunkte mit dem Zirkel mißt. Sie muß mit der durch die Längenmessung gefundenen übereinstimmen.

Ein Fehler in der Zulage eines Punktes hat immer einen fehlererzeugenden Einfluß auf die Länge der beiden in diesem Punkte zusammenstoßenden Polygonseiten.

§ 152. **Die Durchschlagszüge.** Man unterscheidet zwei Gruppen von solchen Zügen. Die einen haben die Zusammenführung zweier Stolln- oder Streckenörter, die anderen die seigere Übertragung eines Punktes der Tagesoberfläche in die Grube oder umgekehrt zum Zweck.

Im ersten Falle ist die Höhenmessung, im zweiten die Horizontalmessung von größter Wichtigkeit. Die Abweichung zweier Gegenörter eines Stollns in den Sohlen kann nämlich unter Umständen gar nicht oder doch nur durch Aufwendung großer Kosten beseitigt werden, während eine seitliche Abweichung der beiden Durchschlagsrichtungen schon ziemlich weit gehen kann, ehe Betriebshindernisse daraus entstehen.

Bei Punktübertragungen dagegen können Abweichungen in horizontaler Richtung sehr unangenehm sein, namentlich wenn hiernach ein Schacht in verschiedenen Sohlen in Angriff genommen worden ist, während die Seigerhöhen selten mit dieser Schärfe bestimmt zu werden brauchen. Die Durchschlagszüge von einiger Ausdehnung und Wichtigkeit sind stets mit dem Theodoliten auszuführen; bei kleineren unwichtigen Zügen genügt auch der Hängekompaß.

Die Durchschlagsrichtung sollte aber auch in diesem Falle ausschließlich durch Rechnung ermittelt werden. Geschieht es dennoch durch die mechanische Zulage, so sind alle im § 145 erwähnten Vorsichtsmaßregeln zu beachten.

Für alle Durchschlagszüge gilt der Grundsatz, daß dieselben ganz unabhängig von den schon vorhandenen Messungen und Rissen, von neuem zusammenhängend ausgeführt werden müssen und nur in Ausnahmefällen sich an frühere Messungen oder an rißliche Darstellungen anlehnen oder darauf stützen dürfen.

Diese Ausnahmen sind zulässig, wenn ein gutes Dreiecksnetz vorhanden und versteint ist, ferner wenn schon eine erprobte genaue Messung durch einen Teil der aufzunehmenden Grubenräume geführt war und deren Fixpunkte sich vollständig unversehrt erhalten hatten.

In Notlagen und wenn Gefahr im Verzuge ist, wird man auch ohne solche sicheren Unterlagen auf Grund der Grubenrisse Durchschlagsangaben machen müssen.

Die häufigeren Durchschlagsaufgaben sind folgende:

1. Zur Beschleunigung eines Stollnbetriebes werden eine Anzahl Schächte (Lichtschächte) *I*, *II*, *III* in der profilarischen Darstellung der Fig. 291 abgeteuft und in einer dem Ansteigen des Stollns entsprechenden Tiefe sind die Gegenörter angesetzt, die nach den Durchschlagsangaben genau aufeinander treffen sollen.

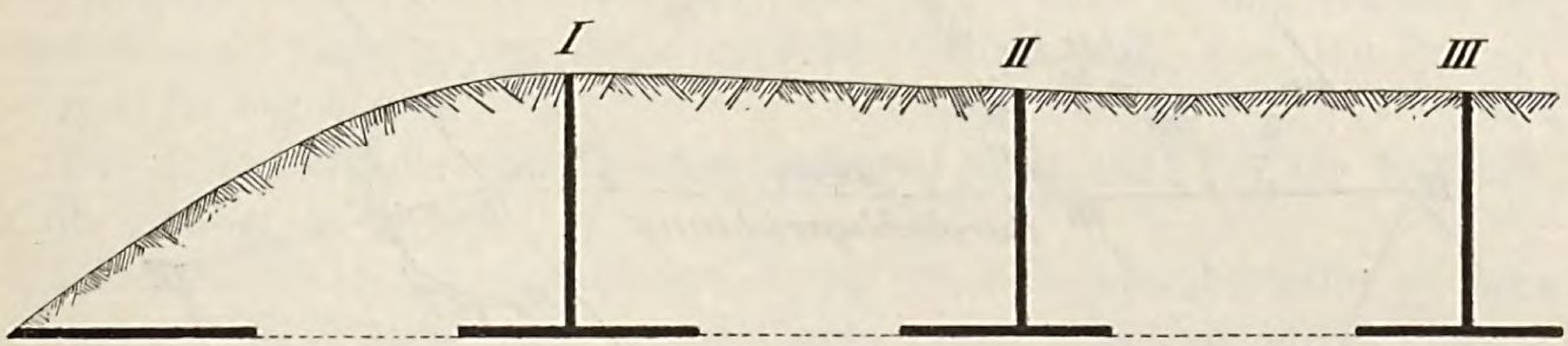


Fig. 291. Betrieb eines Stollns mit Gegenörtern.

2. Zur Beschleunigung des Betriebes eines Tunnels oder eines unterirdischen Wasserlaufes werden Querschläge in den Berg getrieben und an ihren Endpunkten werden nach beiden Seiten Strecken aufgefahren, die durch die Durchschlagszüge zusammengeführt werden sollen. Sieht man die Fig. 291 als grundrißliche Darstellung an, so giebt sie ein Bild einer solchen Aufgabe.

3. Es soll eine Verbindung zweier Strecken in einer Sohle durch Gegenortsbetrieb hergestellt werden.

In Fig. 292 ist dieser einfache Fall dargestellt, der bezüglich der Berechnung für alle anderen als Muster dienen kann.

Der Durchschlagszug ist vom Punkt *I* bis zum Punkt *VII* ausgeführt, und es soll sowohl von dem einen als von dem anderen Punkt die Richtung zur Aufeinanderführung der beiden Gegenörter angegeben werden.

Die Koordinaten der beiden Endpunkte sind berechnet und zwar:

		Ord.	Abs.
für	*I*	+ 45,621	+ 81,583
„	*VII*	− 3,631	+ 40,235

sowie die Azimute der Linie *VI—VII* und *I—II* zu $51^0\,20'\,22''$, bezw. $62^0\,12'\,11''$. Aus den Koordinaten der Punkte I und VII findet man wie folgt:

+ 45,621	+ 81,583
− 3,631	+ 40,235
49,252	41,348

die Katheten des rechtwinkeligen Dreiecks *I A VII* und daraus den Winkel *A VII I* nach der Formel $\operatorname{tg} A\,VII\,I = \frac{49{,}252}{41{,}348} = 49^0\,59'\,9''$, sowie die Hypotenuse $VII—I = \frac{49{,}252}{\sin A\,VII\,I} = 64{,}307$.

Aus der Figur ist ohne weiteres zu entnehmen, daß der Abgabewinkel aus *VII* sich zu $178^0\,38'\,47''$ und derselbe aus *I* zu $167^0\,46'\,58''$ ergiebt.

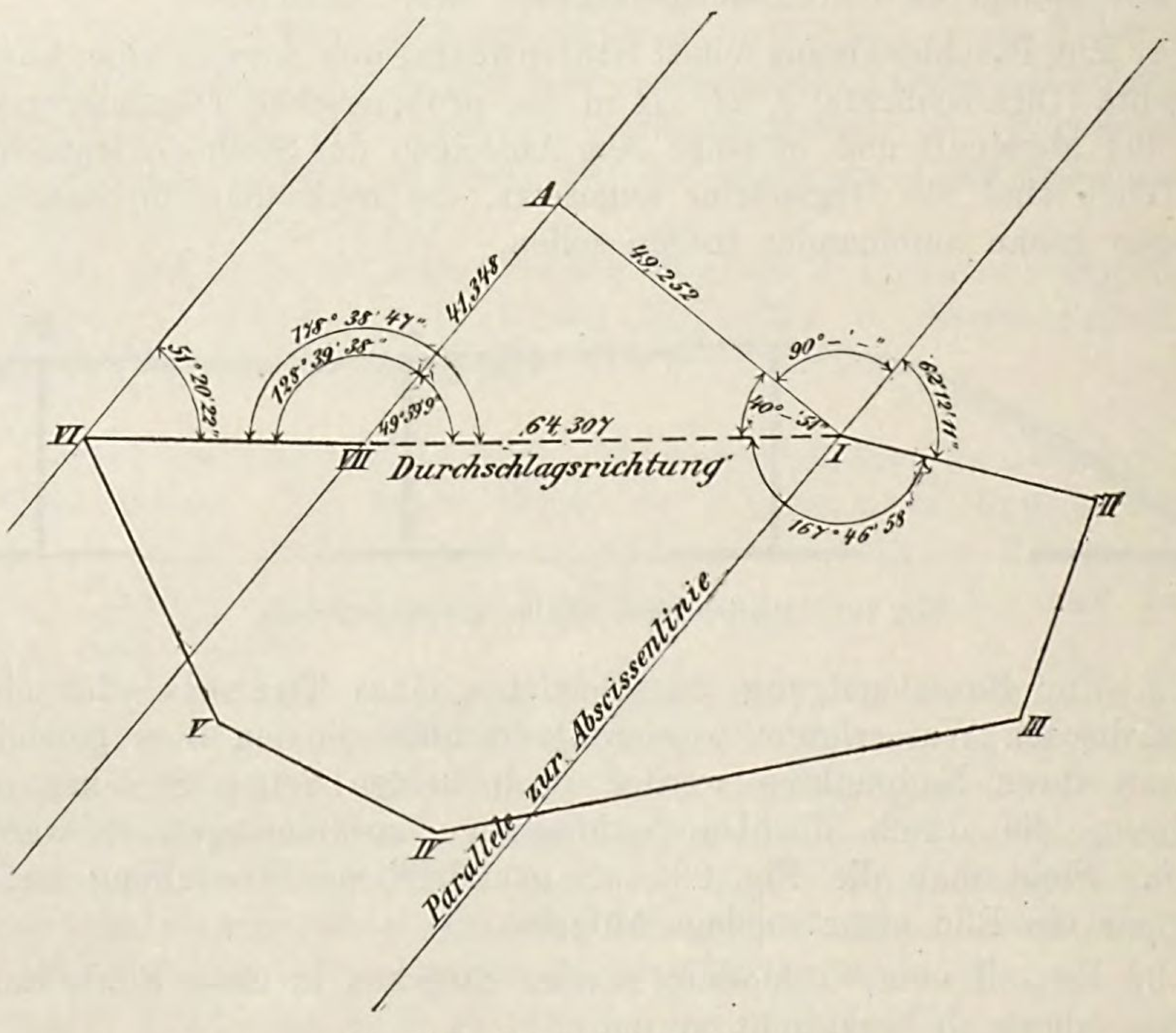


Fig. 292. Durchschlagsbestimmung.

Die beiden Richtungswinkel werden in der Grube auf folgende Weise angegeben: Man stellt den Theodoliten unter dem Punkte *I* zentrisch und horizontal auf, richtet das Fernrohr mit Null auf Null auf den Punkt *II* und dreht die Alhidade bei festgeklemmtem Hauptkreis soweit

herum, bis die Nonien den Winkel 167° 46′ 58″ angeben. Das Fernrohr befindet sich nunmehr in der Durchschlagsrichtung, welche auf einer in zweckmäßiger Entfernung vom Punkt *I* geschlagenen Spreize durch einen Drahtstift, Pfriemen u. dergl. bezeichnet wird.

Dieselbe Messung wiederholt man in der zweiten Lage des Fernrohres und nimmt, wenn die beiden gefundenen Punkte nicht übereinstimmen, das Mittel.

Den so gefundenen Punkt überträgt man sorgfältig in die Firste, und die aus diesem und dem Punkte *I* herabhängenden Lote bezeichnen die Durchschlagsrichtung. Genau so verfährt man auf dem Punkte *VII*, wo der Abgabewinkel = 178° 38′ 47″ ist.

Die Punkte *I* und *VII* dürfen, um zur genauen Winkelangabe hinreichenden Spielraum zu haben, nicht zu nahe am Ortsstoße angebracht sein.

Das vorher beschriebene Verfahren reicht in den meisten Fällen aus. Will man jedoch mit der größtmöglichen Schärfe den Winkel angeben, so wird man zunächst wie vorher nur in einer Lage des Fernrohres einen Punkt x in der Durchschlagsrichtung auf der Spreize bezeichnen, sodann mißt man diesen abgesteckten Winkel $II\,I\,x$ so genau wie möglich durch mehrmalige Repetition in beiden Lagen des Fernrohres. Aus dieser Messung ergiebt sich, wie viel der Winkel $II\,I\,x$ von der berechneten Durchschlagsrichtung abweicht, und man kann aus dem Unterschiede d und aus der Länge Ix das kurze Stück S, um welches der Punkt x rechtwinkelig zur Seite gerückt werden muß, aus der Formel $S = \mathrm{tg}\,d\,.\,Ix$ berechnen.

Bei dem Betriebe von Stollngegenörtern sind zugleich die Angaben für die Sohlen zu geben.

Dies geschieht am einfachsten, wenn ein Sohlenpunkt nahe an dem Ortsstoß in der Wange oder in der Firste angebracht und durch Nivellement bestimmt wird, wie tief die Ortssohle unter demselben angenommen werden soll.

Sind flache Absinken, Bremsberge und Übersichbrechen, welche zwei Punkte in verschiedenen Sohlen verbinden sollen, anzugeben, so ist der Fallwinkel aus einem rechtwinkeligen Dreieck zu berechnen, dessen eine Kathete gleich dem Seigerteufenunterschied der beiden Sohlenpunke und dessen andere gleich der horizontalen Entfernung dieser beiden Punkte ist. Letztere wird aus der Zulage entnommen oder aus den Koordinaten berechnet.

Zur vorläufigen Angabe des Fallwinkels ist ein sorgfältig gearbeitetes rechtwinkeliges Dreieck von möglichst großen Dimensionen sehr brauchbar. Der eine spitze Winkel A dieses Dreiecks ABC entspricht dem berechneten Fallwinkel. Beim Gebrauch setzt man die Hypotenuse dieses Dreiecks auf die Sohle der Strecke und eine Setzlibelle oder Setzwage (Fig. 293) auf die oben befindliche Kathete AC. Spielt die Blase der

Libelle oder das Lot der Setzwage ein, so ist das Ansteigen der Streckensohle richtig. Bei größeren Betrieben sind Prüfungen durch Nivellements erforderlich.

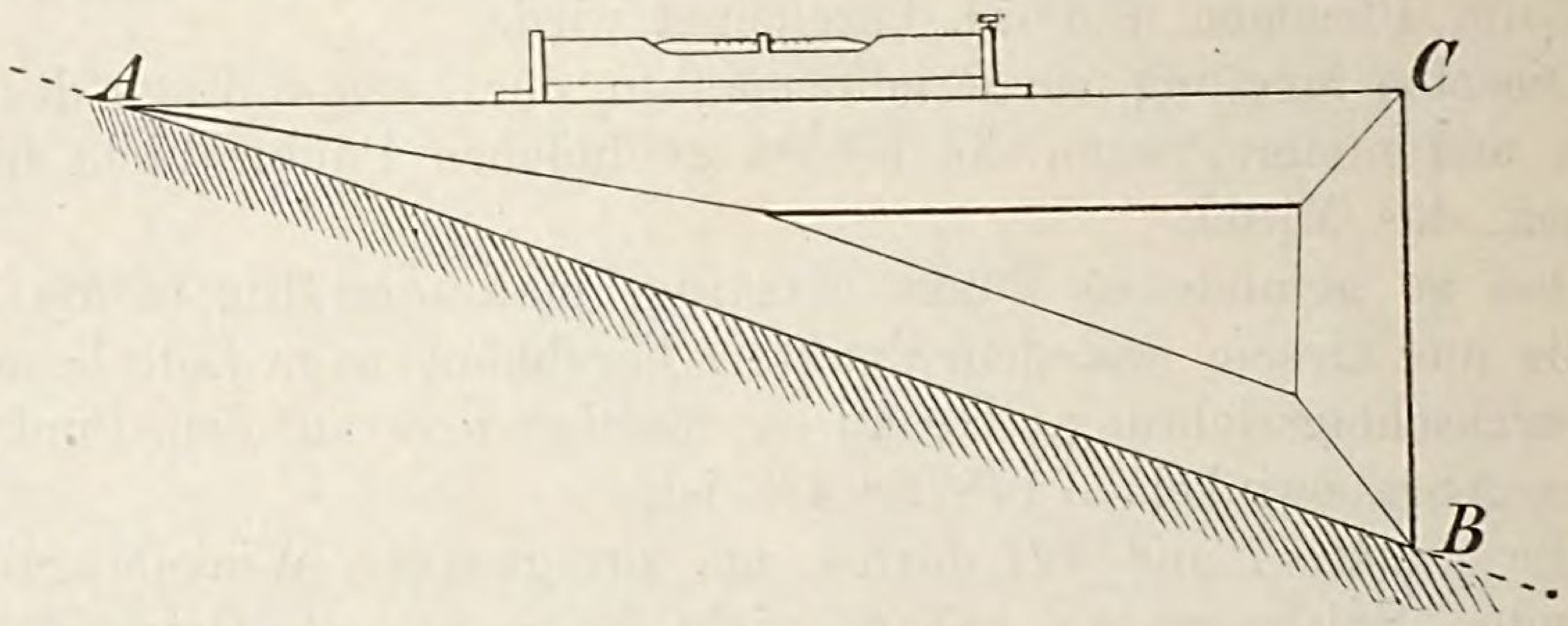


Fig. 293. Apparat zur Angabe des Fallwinkels beim Auffahren geneigter Strecken.

Beim Abteufen von flachen Absinken und tonnlägigen Schächten mit sehr starkem Einfallen ist vorstehender Apparat nicht anwendbar. Man verfährt hier auf folgende Weise:

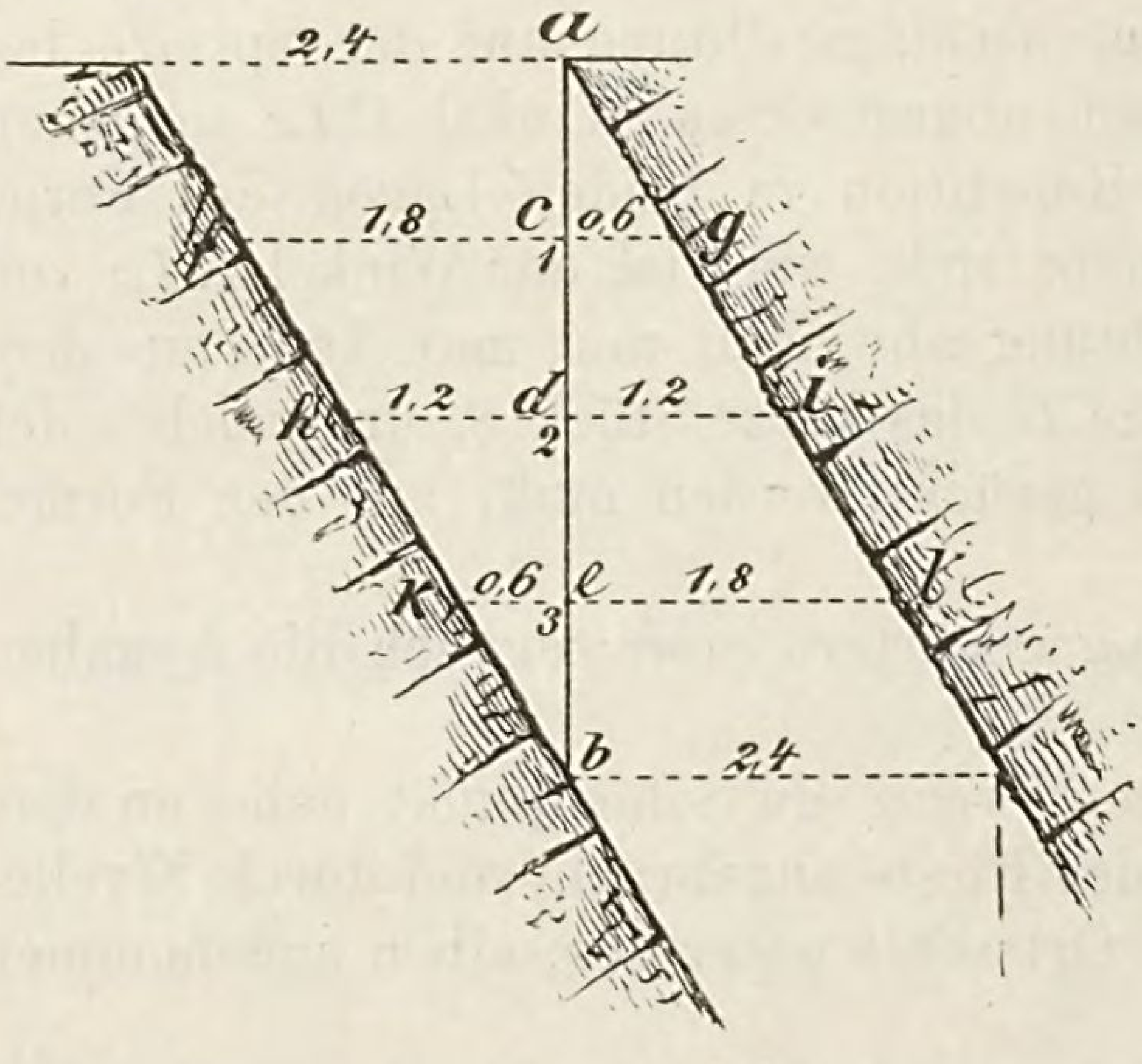


Fig. 294. Abteufen von flachen Absinken.

Von dem Punkte *a* (Fig. 294) hängt mau ein Lot *ab*. Von den Punkten *c*, *d* und *e* des Lotes, welche um eine bestimmte Länge voneinander abstehen, werden nach dem Hangenden die Abmessungen *gc*, *di* und *el* und nach dem Liegenden die Abmessungen *cf*, *dh* und *ek* beim Betriebe inne gehalten. Der Punkt *a* sowohl, als auch die Abmessungen vom Lote aus werden im Voraus vom Markscheider berechnet und angegeben. Ist bis zum Punkte *b* abgeteuft, so ist die Angabe eines neuen Lotpunktes mit den zugehörigen Abständen erforderlich.

§ 153. Übertragungen von Seigerpunkten aus der Grube auf die Tagesoberfläche und umgekehrt sind erforderlich:

Zur Bestimmung der Sicherheitspfeiler und zum Schutze von Gegenständen auf der Tagesoberfläche, zur Angabe des Ansatzpunktes eines Schachtes, welcher an eine bestimmte Stelle in der Grube treffen soll, und zur Angabe eines Punktes in der Grube, welchen ein über Tage begonnener Schacht treffen wird. Letzteres kommt bei Unterfahrungen von Schächten vor, die im Abteufen begriffen sind.

Schließlich ist eine wiederholte Übertragung von Seigerpunkten notwendig, wenn ein Schacht in verschiedenen Sohlen zu gleicher Zeit in Angriff genommen werden soll.

Alle derartigen Züge bestehen aus Gruben- und Tagezug. Für letztere bildet das entweder schon vorhandene oder zu konstruierende Dreiecksnetz die Grundlage.

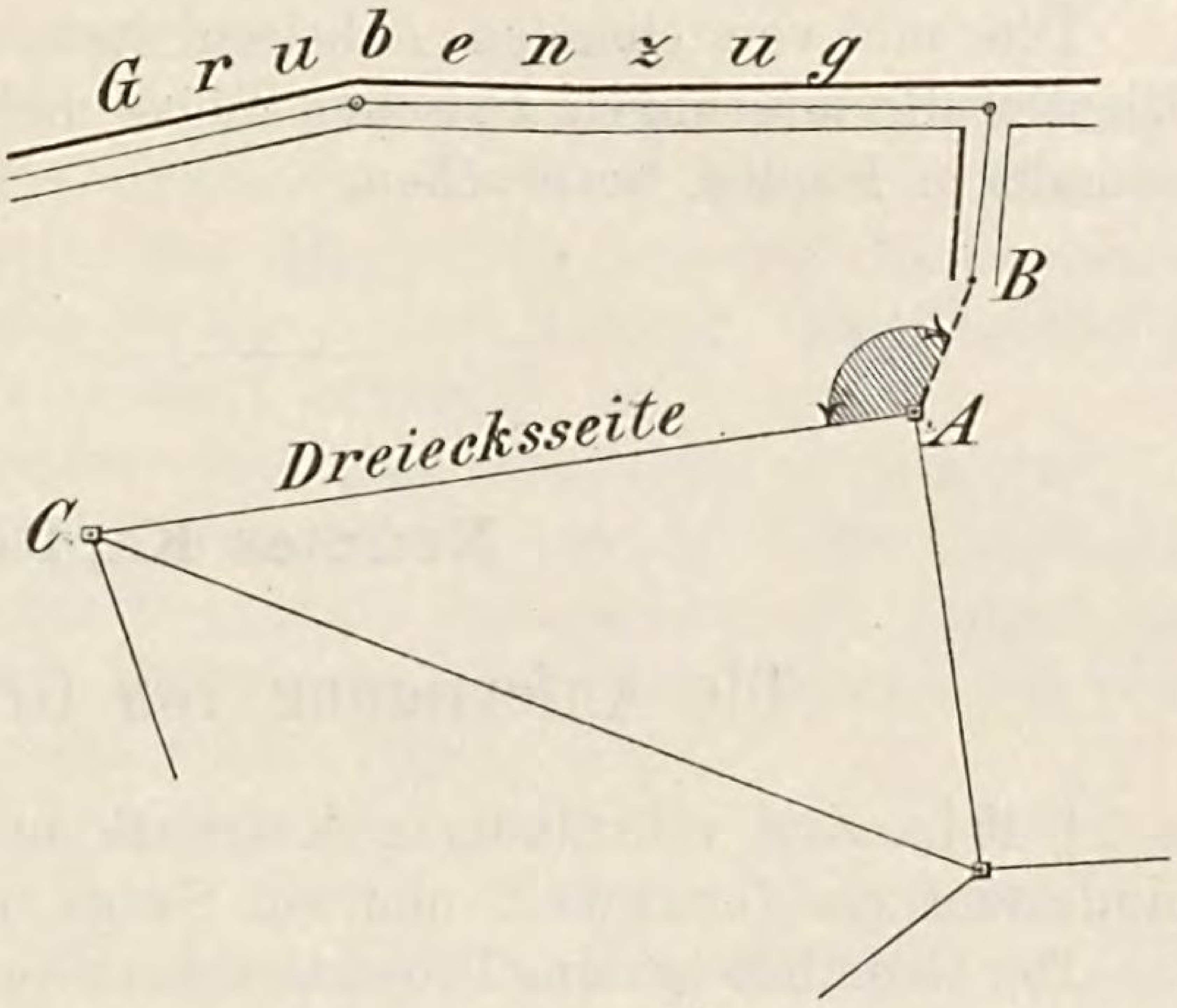


Fig. 295. Angabe eines Schachtpunktes.

Zur Angabe eines Schachtes, der an einer bestimmten Stelle B der Grube eintreffen soll, ist die Übertragung dieses Punktes auf die Tagesoberfläche nötig. Man fixiert ungefähr in der Gegend, wo der Schacht angesetzt werden wird, durch einen Pfahl oder Stein den sogenannten verlorenen Punkt A und verbindet denselben durch Messung sowohl mit dem Dreiecksnetz über Tage, als auch mit dem Polygon in der Grube, welches seinerseits den Punkt B in sich schließt (Fig. 295).

Aus den Koordinaten von A und B und aus dem Azimut der Dreiecks- oder Polygonseite, deren Endpunkt A ist, berechnet man, in welcher Entfernung und Richtung von A ab der Schacht angesetzt werden muß.

Mittels des zentrisch über A aufgestellten Theodoliten wird auf dieselbe Weise wie bei der Richtungsangabe von Gegenörtern der Winkel CAB und mittels Schnur, Gradbogen und Meßstab die Länge der Linie AB von dem verlorenen Punkte A nach dem Schachtpunkte angegeben.

Soll umgekehrt ein über Tage begonnener Schacht durch einen Querschlag unterfahren werden, so ist eine gleiche Messung vorzunehmen wie vorher, welche den angefangenen Schacht und diejenigen Grubenräume in sich schließt, in deren Nähe der Schacht eintreffen wird.

Nach Berechnung der Koordinaten ist in der Grube diejenige Stelle des Zuges auszuwählen, von welcher aus die Unterfahrungsstrecke am zweckmäßigsten angesetzt wird. Die Angabe der Richtung geschieht wie bei dem Durchschlagszuge. Nachdem der nötige Raum durch die aufgefahrene Strecke freigelegt ist, kann zur genauen Bestimmung des Schachtpunktes auf bekannte Weise geschritten werden.

Die schwierigste und wichtigste Markscheiderarbeit dieser Gattung ist die Angabe eines Schachtes, welcher gleichzeitig in mehreren Sohlen

in Angriff genommen werden soll. Die beiden oben besprochenen Fälle kommen hierbei in Verbindung vor.

Soll der Schacht einen runden Querschnitt erhalten, so genügt selbstverständlich die Angabe des Mittelpunktes, soll der Schacht aber viereckig werden, so ist an jedem Angriffspunkte die Schachtfigur abzustecken.

Die mit vorstehenden Arbeiten stets verbundenen Anschluß- und Orientierungsmessungen zwischen Tage- und Grubenzug werden in einem besonderen Kapitel besprochen.

Neuntes Kapitel.

Die Anfertigung von Grubenrissen.

§ 154. Zur vollständigen Klarstellung der Grubenverhältnisse ist mindestens ein Grundriß und ein Seigerriß erforderlich.

Der Grundriß ist eine Projektion der Grubenräume auf die Horizontalebene und der Seigerriß eine solche auf eine Seigerebene, welche der Hauptlängsrichtung der Grubenbaue parallel läuft.

Auf Profilen oder Profilrissen werden nur diejenigen Gegenstände dargestellt, welche von der durch die Grubenbaue gelegten seigeren Profilebene geschnitten werden. Müssen zum besseren Verständnis dennoch Gegenstände angegeben werden, welche vor oder hinter der Profilebene liegen, so geschieht dies in punktierten Linien.

Die Ebene der Querprofile liegt in der Fallrichtung, die der Längenprofile in dem Streichen der Lagerstätte.

Flache Risse nennt man solche, welche auf eine geneigte der Lagerstätte parallelen Ebene projiziert sind.

Nach der äußeren Form unterscheidet man Platten- und Rollrisse. Die letzteren sind aus einem oder mehreren Bogen Zeichenpapier, die auf Leinwand geklebt sind, in einer solchen Größe hergestellt, daß die ganze Grube oder doch ein abgeschlossener Teil (Revier) derselben darauf Platz findet.

Ihren Namen haben sie davon, daß sie gerollt aufbewahrt werden. Zum Schutz gegen Druck und Bruch sind sie auf der einen kurzen Seite mit einer Rolle, auf der anderen mit einer Leiste versehen. Der Rand der langen Seiten ist mit Band umnäht.

Das zu den Roll- und Plattenrissen nötige Papiermaterial ist mit Nessel unterklebt im Handel zu haben. Will man aber das Aufkleben des Papiers auf Leinen selbst besorgen, so verfährt man wie folgt:

Man lege ein Stück Leinwand oder Nessel von etwas größeren Dimensionen, als sie der Riß erhalten soll, auf einen abgehobelten Tisch,

knicke an den Rändern der Leinwand einen zwei Finger breiten Streifen um und bestreiche denselben mit Kleister. Die so bestrichenen Ränder legt man wieder um und drückt dieselben auf den Tisch, indem man zugleich die Leinwand straff zu ziehen sucht. Bei großer Ausdehnung der Leinwand müssen zwei Personen, und zwar stets an entgegengesetzten Stellen, drücken und ziehen.

Hat die Leinwand scharfe Brüche, so bestreicht man diese Stellen mit einem feuchten Schwamme. Nachdem der Rand nahezu trocken geworden ist, legt man das Papier mit der rechten Seite auf die Leinwand und bestreicht die linke Seite so lange mit Kleister, bis das Papier durch die Feuchtigkeit ganz schlaff geworden ist.

Sodann hebt man dasselbe vorsichtig ab, legt es mit der bestrichenen Seite auf die Leinwand und drückt, von der Mitte ausgehend, nach den Seiten zu das Papier fest auf. Das streichende Aufdrücken führt man am besten mit einer Bürste, auch mit der bloßen Hand oder mit Tüchern aus, legt aber stets reines Papier unter.

Sind mehrere Bogen Zeichenpapier aneinander zu kleben, so ist es zweckmäßig, den Kanten der Bogen, welche übereinandergreifen, eine kleine Zuschärfung zu geben. Man kann diese durch sorgfältiges Schaben mit einem Messer, einfacher durch folgendes Verfahren erreichen:

Man führt parallel und nahe an den übereinander zu klebenden Kanten jedes Papierbogens in gerader Linie einen scharfen Schnitt in das Papier, der aber nur bis zur Mitte desselben eindringen darf, legt sodann das Papier mit der eingeschnittenen Seite auf den Tisch und reißt den halb losgetrennten Streifen vorsichtig ab, indem man ihn parallel der Kante des Bogens abzieht. Da der Streifen in der halben Stärke des Papieres noch anhaftet, so wird beim Abziehen desselben auch vom Bogen etwas Papier mit entfernt und die gewünschte Zuschärfung erreicht.

Auf die gute Beschaffenheit des Kleisters kommt hierbei viel an. Derselbe muß von einer bestimmten Dünnflüssigkeit sein und darf keine Klümpchen enthalten. Zu seiner Bereitung löst man eine kleine Portion guter Stärke in möglickst wenig kaltem Wasser vollständig auf und gießt in diesen dünnen Brei kochendes Wasser unter fortwährendem Umrühren des dabei entstehenden Stärkekleisters.

Die Plattenrisse bestehen aus einzelnen Platten von gleicher Größe und Dicke, welche durch Beschneiden zum unmittelbaren Aneinanderstoßen eingerichtet sind.

Die Größe der Platten richtet sich nach dem Maßstab, meistens nähern sie sich den Dimensionen von 70 und 50 Zentimeter.

Die Platten werden am zweckmäßigsten auf folgende Weise angefertigt:

Man klebt ein für die Größe mehrerer Platten ausreichendes Stück Leinwand nach dem oben beschriebenen Verfahren mit den Rändern auf

einen glatt gehobelten Tisch und darauf übereinander zwei Lagen von starkem Maschinenpapier und zuletzt das eigentliche Zeichenpapier. Läßt man vor dem Aufkleben des letzteren das Maschinenpapier erst trocken werden, so hat man den Vorteil, daß die Wellungen des vorher nassen Papieres verschwunden sind und das Aufdrücken des mit Kleister bestrichenen Zeichenpapieres müheloser ist. Das ganze, so zusammengeklebte Plattenmaterial muß ca. acht Tage trocknen, bevor es vom Tische abgeschnitten wird, und auch dann bewahrt man die einzelnen Platten noch einige Wochen auf, ehe man sie benutzt.

§ 155. Nach dem Zweck teilt man die Risse ein in Spezialrisse, Situations- und Hauptgrundrisse, in General- und Übersichtsrisse.

Spezialrisse sind solche Risse, welche nur zur Führung des Grubenbaues dienen. Bei dem Vorhandensein mehrerer Bausohlen oder mehrerer übereinander liegender Lagerstätten wird zur Vermeidung störender Überdeckungen meistens nur jedesmal eine dargestellt.

Sie enthalten nur solche Gegenstände der Tagesoberfläche, auf welche der Grubenbau Rücksicht nehmen muß. Ihr Maßstab ist der des Fundamentalrisses.

Situations- und Hauptgrundrisse werden meistens in einem um die Hälfte kleineren Maßstabe als der der Spezialrisse angefertigt und enthalten neben den Gegenständen der Tagesoberfläche nur die Schächte, Stolln und Hauptgrundstrecken der Grubenbaue.

General- und Übersichtsrisse dienen, wie schon ihr Namen sagt, zur allgemeinen Übersicht ganzer Bezirke und können bei ihrem meist kleinen Maßstabe nur das wichtigste der Grubenräume und der Tagesoberfläche wiedergeben.

§ 156. **Fundamentalrisse.** — Alle bisher genannten Risse sollen nach den preußischen Vorschriften aus den Fundamentalrissen entstehen. So werden nämlich die Konzeptrisse genannt, auf welche der Markscheider alle Aufnahmen unmittelbar zulegt und welche allen übrigen, noch anzufertigenden Rissen als Grundlage dienen.

Zu diesen Fundmentalrissen soll nur Zeichenpapier (Handpapier) bester Sorte verwendet werden, welches weder gerollt, noch mit Leinen unterklebt werden darf. Jedes Blatt wird mit einem Quadratnetz versehen, dessen Linien dem für die Grube giltigen Koordinatensystem entsprechen.

Die Blätter werden nicht beschnitten, es bleibt also außerhalb des durch die äußersten Netzlinien begrenzten Viereckes noch ein Rand, auf welchen ebenfalls die Zulage und Zeichnung ausgedehnt wird. Auf dem anstoßenden Blatte des Fundamentalrisses werden auf dem Rande

dieselben Gegenstände ebenfalls verzeichnet und dadurch ist der Anschluß der beiden angrenzenden Blätter erreicht.

Wird der Grubenbau auf mehreren übereinander liegenden Sohlen oder Lagerstätten geführt, so ist für jede einzelne derselben ein besonderer Fundamentalriß zu fertigen. Von dieser Regel weicht man nur dann ab, wenn Verdunkelungen und störende Überdeckungen nicht zu befürchten sind. Die wichtigsten Strecken der zunächst darüber liegenden Sohle bezw. Lagerstätte sind punktiert auf dem Risse anzugeben.

Der Maßstab der Fundamentalrisse muß so beschaffen sein, daß alle anderen Risse leicht danach angefertigt werden können. Für ausgedehntere, auf Flötzen bauende Gruben hat sich das Verhältnis 1:1000, für Gangbergbau das Verhältnis 1 : 500 bewährt.

Die spezielle zeichnerische Ausführung entspricht mit geringen Abweichungen der der Spezialrisse. Hiervon wird in dem nächsten Paragraphen die Rede sein.

§ 157. Nachdem ein Grundriß des der markscheiderischen Aufnahme zu Grunde liegenden Netzes auf dem Papiere zugelegt worden ist, werden die räumlichen Grubenbaue eingetragen.

Hierzu dienen die auf der rechten Seite des Winkelbuches stehenden Skizzen. Z. B. Man steckt vom Anfangspunkte *a* die Läuge 4 ab und rechtwinkelig darauf die Ordinate 2,1 nach links und 1,1 nach rechts, sodann den Ordinatenfußpunkt bei 8 Länge und die Ordinate 2,8, ferner bei 9 m die Ordinaten 1,0 bezw. 1,1 u. s. w.

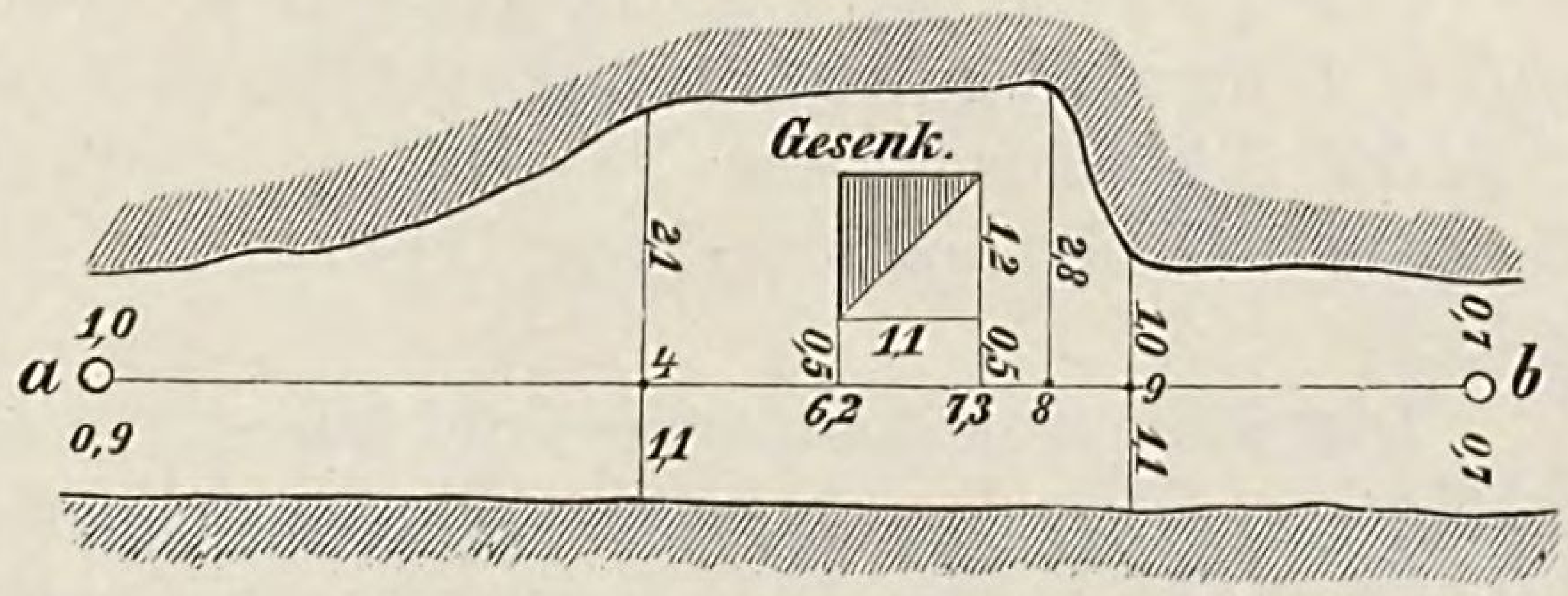


Fig. 296. Aufnahme von Grubenräumen.

Die hierdurch erhaltenen Punkte verbindet man nach Anleitung der Skizze und erhält dadurch ein der Wirklichkeit ähnliches Bild der Grubenräume in horizontaler Projektion oder im Grundriß.

Das auf diese Weise entstandene Bild wird darauf mit feinen, schwarzen Tuschlinien ausgezogen und mit Farben und sonstigen, zum Verständnis von der Form der Lagerstätte und deren Abbau erforderlichen Bezeichnungen versehen.

In dieser Beziehung können überall giltige Vorschriften nicht aufgestellt werden, da die örtlichen Gruben- und Lagerungsverhältnisse jedesmal berücksichtigt werden müssen, ferner auch das langjährige Herkommen und die Gewohnheiten sowohl der Markscheider, als auch der Grubenbetriebsbeamten von Einfluß sind.

Das Nachstehende soll auch nur das Wichtigste in dieser Richtung andeuten, ohne die Anwendbarkeit für alle Fälle vorauszusetzen.

Bei der Farbengebung gilt der Hauptgrundsatz, daß alle Räume einer Sohle mit derselben Farbe und die verschiedenen Sohlen mit verschiedenen Farben angelegt werden.

Für benachbarte Sohlen wählt man scharf voneinander abstechende Farben.

Querschläge sind an der äußeren Seite durch eine leichte Verwaschung in grauer Tusche zu kennzeichnen.

Unter bestimmten Verhältnissen kann es auch wünschenswert sein, die ins Liegende getriebenen Querschläge von denen des Hangenden durch Verwaschungen in verschiedenen Farben zu unterscheiden.

Alle Strecken erhalten einen Schattenstrich, bei dessen Konstruktion man annimmt, daß das Licht von links nach rechts unter einem Winkel von 45° einfällt. Der Schatten wird in der Sohlenfarbe oder mit grauer Tusche angegeben, und durch den Wechsel der beiden Farben im Schattenstrich kann man noch eine Bedeutung verbinden. Z. B. alle Streckenteile, welche in der Lagerstätte getrieben sind, mit farbigem, diejenigen, welche außerhalb derselben liegen, mit grauem Schatten versehen. Letzteres ist nur bei Darstellungen in großem Maßstabe anwendbar.

Alle Einrichtungen in der Grube, wie Ausmauerung, eiserne Zimmerung u. dergl., sind stets gleichförmig nach bestimmten Vorschriften darzustellen.

Die Querschnitte und Hängebänke von Schächten, Rolllöchern, Absinken u. dergl. werden diagonal geteilt und zur Hälfte tiefschwarz, zur anderen Hälfte, wenn der Schacht bis zu Tage ausgeht, weiß gelassen, dagegen bei blinden Schächten, Absinken u. s. w. grau (mit Tusche) angelegt.

Die Sohle von tonnlägigen Schächten, Absinken u. s. w. wird gleichmäßig grau angelegt und dadurch bezeichnet, daß in der Schachtfigur beide sich kreuzende Diagonalen gezogen werden.

Verstürzte Strecken werden mit der Sohlenfarbe schraffiert, abgegangene Schächte, Absinken u. dergl. ganz schwarz ausgefüllt.

Auf Grundrissen von solchen Grubenbauen, in denen die Höhen der Streckensohle vielfach wechselt, ist es zu empfehlen, die Höhenzahlen (die Seigerteufen-Abschlüsse auf den gewählten Vermessungshorizont) an die wichtigsten Punkte zu schreiben.

Nicht selten ist es auch von Vorteil, mit Hilfe dieser Höhenzahlen Horizontalkurven in gleichem Höhenabstande auf dem Liegenden des Flötzes zu konstruieren, da hierdurch die Gestalt einer unregelmäßigen Lagerstätte am besten veranschaulicht wird.

Die grundrißliche Darstellung ganz regelloser höhlenartiger Grubenbaue ist am schwierigsten. Es erscheint ratsam, die Baue in Schichten von gleicher Höhe zu zerlegen und für jede dieser Schichten eine

hervorstechende Farbe zu wählen, mit der alle Begrenzungslinien der unregelmäßigen Hohlräume nach innen schmal verwaschen werden. Von diesen Schichten dürfen nur so viel übereinander auf ein Blatt gezeichnet werden, als ohne Beeinträchtigung der Deutlichkeit geschehen kann. Eine klare Vorstellung wird man bei derartigen Lagerstätten durch den Grundriß allein nicht erreichen; es müssen Seigerrisse und zweckmäßig gelegte Profile hinzutreten.

Werden zur Vervollständigung der Darstellung von Grubenräumen ältere Risse benutzt und ist mit der neuen Vermessung nicht eine eingehende Prüfung derselben zu erreichen gewesen, so sind diese alten Strecken kenntlich zu machen, z. B. dadurch, daß sie punktiert ausgezogen werden oder keinen Schattenstrich erhalten.

Der Abbau wird beim Gang- und Flötzbergbau meist durch Schraffierung event. mit Farbenuntergrund und zwar für jede Bauabteilung in der Farbe der zugehörigen Sohlenstrecke angegeben. Die Zeit des Abbaues ist deutlich mit Zahlen einzutragen.

Wird ein Flötz in zwei oder mehreren Abteilungen abgebaut, ohne daß für jede derselben ein besonderer Riß geführt wird, oder wird in einer Tagebaugrube die Lagerstätte in mehreren Strossen gewonnen, so sind die Abbaue der verschiedenen Abteilungen bez. Strossen durch hellere und dunklere Farben und durch einfache oder sich kreuzende Schraffierung zu bezeichnen.

Die obere Abteilung erhält die hellste Farbe oder einfachste Schraffur, die untere wird in Farbe und Schraffur am dunkelsten gehalten.

Beim Gangbergbau ist es wünschenswert, die Gangverhältnisse und namentlich die Erzführung der Gänge ersichtlich zu machen. Die Gänge bezeichnet man an den Salbändern durch feine Federstrichelung mit hellgrauer Tusche, die Erzführung mit farbiger Strichelung, oder mit farbigen Streifen. Durch kräftigere und schwächere Streifen kann auch die reichere oder ärmere Erzführung angedeutet werden. Die Farbe ist stets die Sohlenfarbe, wenn die Erzsorten nicht durch besondere Farben unterschieden werden sollen.

Sprünge und Verwerfungen werden durch scharfe schwarze Linien mit einem feinen Pinselstrich in der Sohlenfarbe dargestellt. Die Fallrichtung und der Fallwinkel werden durch einen Pfeil mit beigeschriebener Gradzahl bezeichnet.

Die einzelnen Winkelpunkte bezeichnet man auf den Fundamentalrissen mit kleinen Kreisen. Auf den Grubenrissen läßt man sie meistens weg. Nie darf dies aber bei den Markscheiderzeichen geschehen, welche ebenso, wie sie in Wirklichkeit gestaltet sind, auf den Rissen vermerkt werden.

§ 158. **Seigerrisse und Profile.** Seigerrisse und Profile haben den Zweck, über die Höhenverhältnisse der im Grundrisse verzeichneten

Grubenbaue, über Mächtigkeit der Lagerstätte und der sie begleitenden Gebirgsschichten, sowie über Abweichungen in der unregelmäßigen Lagerung Auskunft zu erteilen.

Die Anfertigung des Seigerrisses geschieht auf folgende Weise:

Man ziehe unterhalb des Grundrisses eine mit der Hauptstreichungslinie der Lagerstätte parallele Linie (Horizontale in Fig. 275 auf S. 246), die entweder der angenommene Vermessungshorizont selbst oder eine Parallele zu ihm ist. Der Abstand dieser Parallelen von dem Horizonte ist in Zahlen daranzuschreiben.

Sodann fälle man aus allen Winkelpunkten, die zur Anfertigung des Seigerrisses notwendig sind, Perpendikel auf den Vermessungshorizont und verlängere sie ausreichend.

Von dem Vermessungshorizont sticht man mit dem Zirkel auf dem verlängerten Perpendikel die Höhenzahl des entsprechenden Punktes ab und verbindet die dadurch entstandenen Punkte. Dadurch entsteht das Gerippe des Seigerrisses.

In dem Winkelbuche finden sich die Sohlen- und Firstenabstände von den einzelnen Punkten in den Handzeichnungen angegeben, und man hat nur nötig, diese in derselben Weise wie im Grundrisse aufzutragen. Verbindet man die entstandenen Punkte, so entsteht ein der Natur ähnliches Bild der Grubenräume in der Projektion auf die Seigerebene.

Die Strecken des Seigerrisses werden mit feinen Tuschlinien ausgezogen und mit den dem Grundrisse entsprechenden Farben angelegt.

Liegen mehrere Strecken in einer Sohle hintereinander, so können nur die vorderen dargestellt, die hinteren müssen weggelassen werden.

Unregelmäßige Lagerstätten mit Strecken von verschiedenen Fallwinkeln geben, wenn alle Grubenräume seigerrißlich dargestellt werden, kein übersichtliches Bild. Man hat sich in diesem Falle auf die Darstellung der wichtigsten Strecken zu beschränken und auf die Wiedergabe des Unwesentlichen zu verzichten. Zum Ersatz fertigt man einen zweiten Seigerriß rechtwinkelig zum ersten an (Kreuzriß).

Will man die rechtwinkelig zur Projektionsebene abgehenden Strecken oder Querschläge im Querschnitt angeben, so werden die nach hinten abgehenden diagonal geteilt und die linke Hälfte schwarz, die andere grau, dagegen die nach vorn abgehenden mit zwei Diagonalen durchkreuzt und grau angelegt. Schächte, Rolllöcher und Absinken, sofern letztere nicht in den Abbau fallen, erhalten ebenfalls eine graue Farbe.

Bei dem Gangbergbau dienen besondere Seigerrisse zur Darstellung des Abbaues, und zwar ist hier für jeden einzelnen Gang oder für jedes sich abzweigende Trum ein besonderer Seigerriß erforderlich. Der Abbau wird in derselben Weise wie auf den Grundrissen bezeichnet.

Die Lage der Projektionsebenen für die einzelnen Seigerrisse ist auf dem Grundrisse durch Linien anzudeuten.

§ 159. **Die Profile** dienen meistens zur Darstellung der Lagerstätte mit dem umgebenden Gestein. Sie stellen nur die Gegenstände dar, welche von der Profilebene getroffen werden, alle vor oder hinter dieser Ebene liegenden müssen als solche kenntlich sein und alle thatsächlichen Aufschlüsse von den mutmaßlichen sich unterscheiden. Die Profillinie braucht keine gerade zu sein. Für die Farbengebung der Lagerstätten und der anderen Gebirgsschichten ist der örtliche Gebrauch entscheidend.

Über die Ausführung der Situationsrisse und sonstiger topographischer Karten sind in Preußen die Bestimmungen der Zentraldirektion der Vermessungen im preußischen Staate, die Anwendung gleichmäßiger Signaturen betreffend, auch für den Markscheider maßgebend. Diese Bestimmungen sind in einem Hefte bei Marquart & Schenck, Berlin, 1880, erschienen.

§ 160. **Glasmodelle.** Eine gute Übersicht der Grubenräume und der Lagerstätten, namentlich von verwickelten Gangsystemen, geben die sogenannten Glasmodelle.

Die Grubenstrecken jeder einzelnen Sohle werden auf je eine starke, erforderlichenfalls aus mehreren Stücken zusammengefügte Glasplatte mit Ölfarbe gemalt und in einem eisernen oder hölzernen Gestell legt man die einzelnen Platten richtig orientiert und in der dem Maßstabe entsprechenden Höhe übereinander.

Außer diesen horizontal liegenden Platten setzt man noch vertikale auch eventuell stückweise ein, auf welche die entsprechenden Profile gemalt sind. Die Schächte bezeichnet man mit Stäben, die durch eingebohrte Löcher in den Glasplatten geschoben werden. Die Farben wirken am besten, wenn sie auf der dem Auge abgekehrten Seite aufgetragen werden, also auf der unteren Seite der Horizontalplatten.

§ 161. **Das Kopieren von Rissen.** — Das Kopieren der Risse sowohl in demselben als auch in einem kleineren oder größeren Maßstabe ist nur in dem Falle mit Sicherheit auszuführen, wenn das Original schon bei seiner Anfertigung mit einem genau konstruierten Quadratnetze überzogen war, dessen einzelne Linien einen bestimmten in Zahlen angegebenen Abstand haben. Das Papier, worauf die Kopie gezeichnet werden soll, wird mit einem gleichen, sorgfältig nach Normalmaßen konstruierten, Quadratnetze versehen und der Inhalt jedes einzelnen Quadrates übertragen.

Dieses Übertragen erfolgt, wenn Original und Kopie gleichen Maßstab erhalten sollen, entweder mit dem Zirkel oder, was weit bequemer und genauer ist, mit Hilfe von Pauspapier.

Man bezieht das zu benutzende Pauspapier mit einem richtigen Quadratnetze und kopiert auf dasselbe vom Original die Zeichnung quadratweise, indem man bei jedem einzelnen Quadrate die Seitenkanten möglichst zur Deckung zu bringen sucht.

In gleicher Weise verfährt man bei der Übertragung der Zeichnung von der Pause auf die Kopie.

Besteht die Zeichnung aus geraden Linien, so sind die Eckpunkte derselben mit einer feinen Kopiernadel zu durchstechen, nachdem die Pause quadratweise aufgelegt worden ist. Die Nadel ist hierbei stets genau senkrecht zu halten.

Herrschen in der zu kopierenden Zeichnung krumme unregelmäßige Linien vor, so schiebt man unter die richtig gelegte Pause ein Stück besonders feines Pauspapier, auf welches Graphit aufgerieben worden ist, und fährt mit einem feinen stählernen Stift mit rund polierter Spitze gelinde drückend über die Linien der Pause. Man erhält dadurch auf dem Papiere eine feine Bleistiftkopie des Originals.

Den Druckstift kann man sich aus einer zerbrochenen Strick- oder Stopfnadel, die in einen Holzstiel getrieben wird, selbst schleifen und polieren. Das Graphitpapier ist im Handel zu haben.

Das Kopieren durch unmittelbares Durchstechen des Originals liefert, selbst wenn das Papier desselben ganz glatt aufliegt und die Kopiernadel sehr sorgfältig gehandhabt, d. h. immer senkrecht damit gestochen wird, dennoch nicht selten ungenaue Ergebnisse.

Die Kopieen werden häufig durchgezeichnet, wobei geeignetes durchscheinendes Papier zu verwenden ist.

Man legt zu diesem Zwecke das Original auf eine geneigte dicke Glasplatte, gegen deren untere Fläche reflektiertes Tageslicht fällt. Auf das Original wird das für die Kopie bestimmte, erforderlichenfalls quadrierte Papier gelegt und es kann nach dem Original mit hinreichender Genauigkeit die Kopie gezeichnet werden.

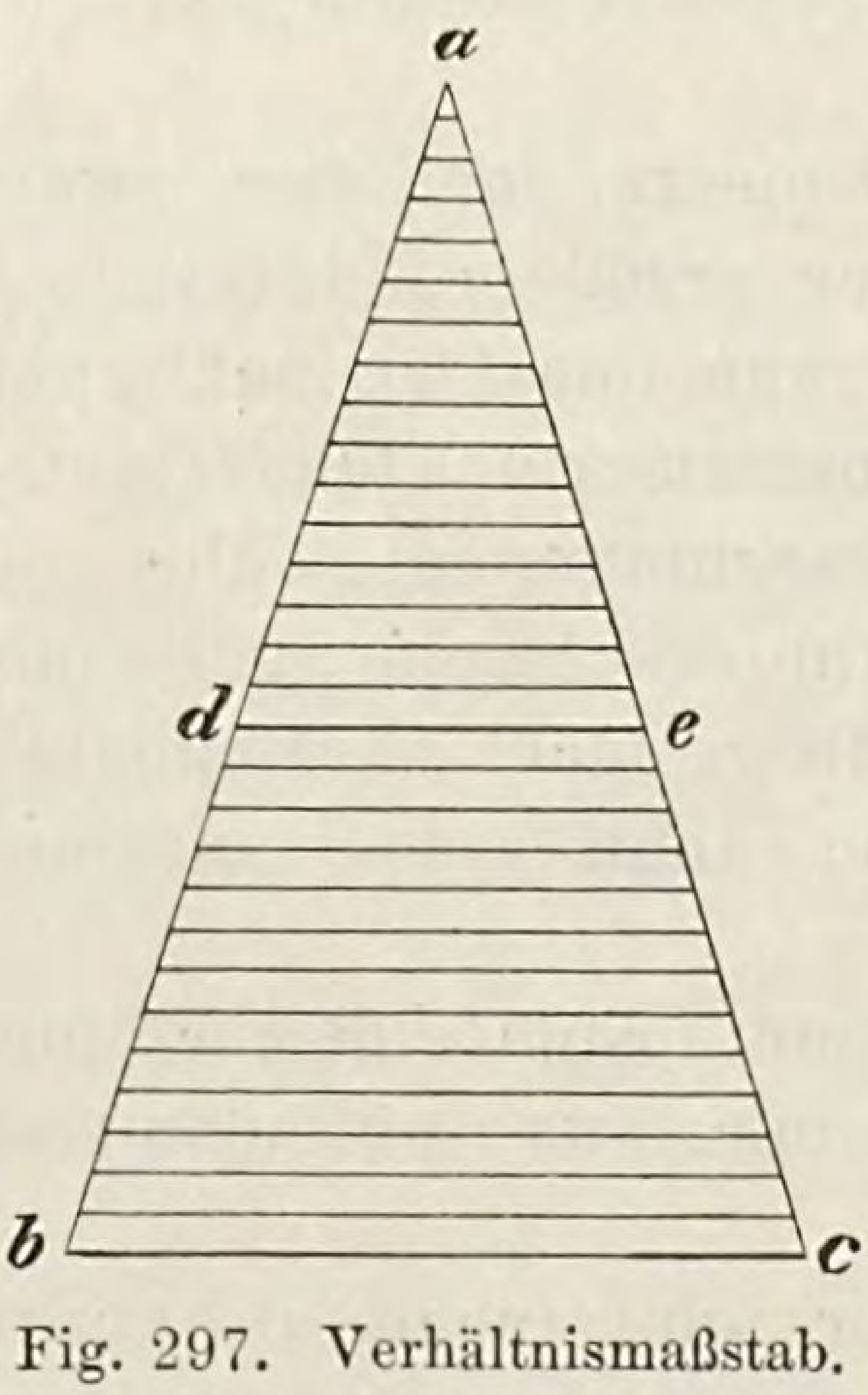


Fig. 297. Verhältnismaßstab.

Soll die Kopie in einem kleineren oder größeren Maßstabe, als das Original, angefertigt werden, so geschieht dies auch quadratweise und zwar

1. mit dem Zirkel und zwei Maßstäben, von denen einer dem Originale, der andere der Kopie entspricht. Dies Verfahren ist für Vergrößerungen zu empfehlen.

2. Mit dem Zirkel und einem Verhältnismaßstabe. Zur Herstellung eines solchen Maßstabes zeichnet man ein hinreichend großes Dreieck *abc* (Fig. 297), in dem sich die Seite *ab* zu *bc* verhält wie eine bestimmte Länge im Maßstabe des Originals zu derselben Länge im Maßstabe der Kopie. Mit *bc* zieht man möglichst viele Parallelen. Z. B einer von *a* aus auf *ab* abgegriffenen Länge des Originals *ad* entspricht die Länge *de* für die Kopie.

3. Mit einem Reduktionszirkel. Ein solcher in Fig. 298 dargestellter Zirkel besteht aus zwei in der Mitte geschlitzten Schenkeln, die an beiden Enden Spitzen und einen in den Schlitzen verstellbaren Drehpunkt haben. Durch eine Skala, die neben den Schlitzen der beiden Schenkel angebracht sind, läßt der Drehpunkt sich so stellen, daß die Spitzenabstände der beiden Enden ein bestimmtes Verhältnis haben. Die Ergebnisse mit dem Reduktionszirkel und mit dem Verhältnismaßstab sind nicht sehr genau.

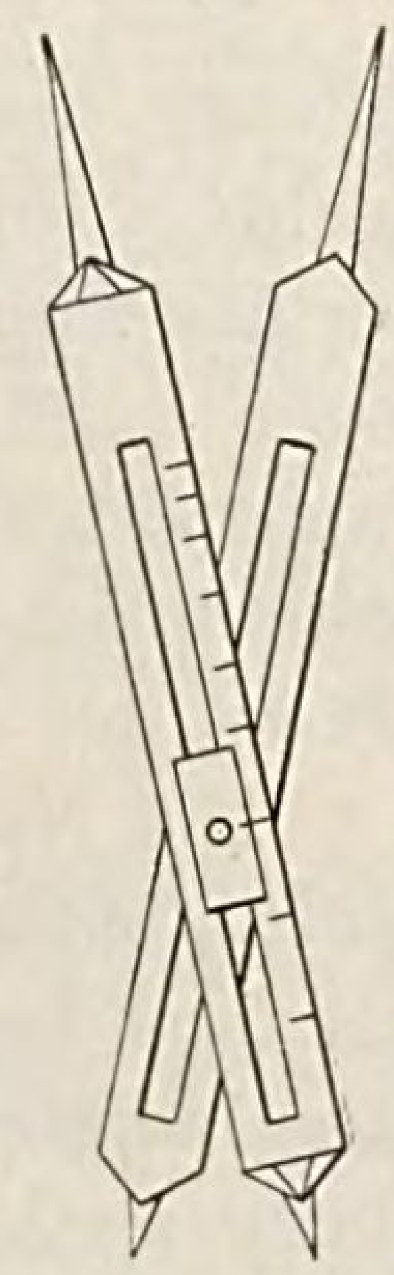


Fig. 298. Reduktionszirkel.

4. Mit dem Pantographen oder dem Storchschnabel. Man unterscheidet auf Rollen laufende oder schwebende Pantographen. Die schwebenden haben den großen Vorzug, daß sie nur einen verhältnismäßig kleinen Tisch erfordern.

Fig. 297 zeigt einen solchen Pantographen aus dem Versandgeschäft von R. Reiss in Liebenwerda.

Das Kopieren mittels des Pantographen erfolgt entweder dadurch, daß mit dem Fahrstift *F* die Linien der Originalzeichnung genau verfolgt werden, während der Zeichenstift *Z* (Faber Nr. 4) die ähnliche Figur aufzeichnet, oder man setzt an Stelle des Zeichenstiftes einen stählernen Stift mit einer scharfen zentrischen Spitze, die in das Papier der Kopie eingedrückt wird, sobald der Fahrstift auf einem zu kopierenden Punkte des Originals eingestellt ist.

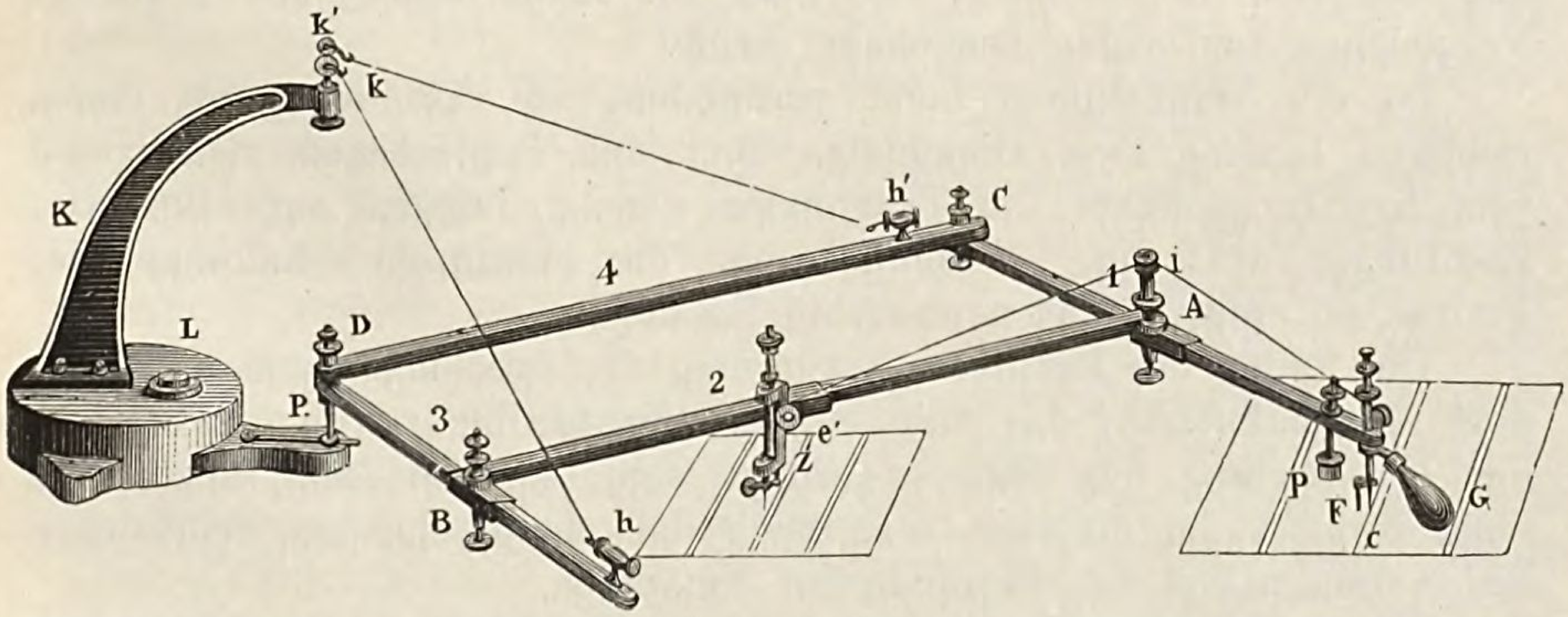


Fig. 299. Pantograph.

Das letztere Verfahren ergiebt genauere Kopieen, kann aber nur bei geradlinigen Zeichnungen angewendet werden.

Beim Kopieren mittels des Pantographen kann das Quadratnetz auch zur Ausscheidung der Fehler dienen, welche durch Veränderungen des Papiers der Originalzeichnung entstehen. Das Quadratnetz des Originals wird mit der Zeichnung zugleich mittels des Pantographen reduziert, das Papier für die Kopie mit einem richtigen Quadratnetze versehen und die von dem Pantographen gezeichnete Kopie quadratweise übertragen.

§ 162. **Das Quadrieren.** Das häufig erforderliche Quadrieren wird am schnellsten mit einer besonderen Vorrichtung ausgeführt.

Eine viereckige abgeglichene Schieferplatte ist mit einem eisernen Rahmen umgeben, auf dem messingene Streifen angebracht sind, die ein Rechteck bilden. Auf diesen Streifen sind Linien eingeritzt, welche die Verlängerungen eines richtigen Quadratnetzes bilden. Soll ein Papierbogen quadriert werden, so legt man ihn in geeigneter Stellung auf eine Papierunterlage in den Raum zwischen die Streifen, beschwert ihn mit Bleistücken und zieht entlang einem Lineale, das an die eingeritzten Linien des Rahmens gelegt wird, die einzelnen Netzlinien.

Die Vorrichtung kann zum Ziehen von Netzen mit verschiedenen Linienabständen eingerichtet sein. Anstatt der Schieferplatte kann auch eine aus mehreren Stücken zusammengefügte Holzplatte benutzt werden, dann müssen aber die Schrauben, welche den eisernen Rahmen an der Platte festhalten, durch elliptische Löcher des Rahmens gehen.

Steht eine solche Quadrierungsvorrichtung nicht zur Verfügung, aber ein langes eisernes Lineal und ein eiserner rechter Winkel, so verfährt man wie folgt: Man legt das Lineal genügend beschwert längs der langen Papierkante, zieht daran eine scharfe Bleilinie und mit Hilfe des gut abgeglichenen Winkels zwei Perpendikel längs der Seitenkanten des Papiers.

Mit einem Stangenzirkel macht man beide Perpendikel gleich lang und hat nun ein Rechteck, das man auf seine Richtigkeit durch das Vergleichen der beiden Diagonalen prüft.

Ist ein Winkellineal nicht vorhanden, so wird man mit einem richtigen Lineale zwei Diagonalen über den Papierbogen ziehen und vom Kreuzungspunkte der Diagonalen gleiche Längen auf allen vier Richtungen abtragen. Verbindet man die hierdurch erhaltenen vier Punkte, so entsteht das gewünschte Rechteck.

Die Seiten des Rechteckes teilt man am zweckmäßigsten mit Hilfe eines Normalmeters, das man mit der Kante, bis zu der die Striche der Unterteilung des Meters gezogen sind, an die Linie liegt. Mit einer Kopiernadel markiert man nach den entsprechenden Teilstrichen des Normalmeters die Abstände der Netzlinien.

Ist man gezwungen die Seiten des Rechteckes mit dem Zirkel einzuteilen, so ist ein guter Federzirkel am besten dazu geeignet. Man nimmt zwei oder mehrere Netzlinienabstände in den Zirkel, trägt zunächst die Spitzen ganz leise aufsetzend die einzelnen Quadratseiten ab und erst später vertieft man die ersten zarten Eindrücke der Zirkelspitze, nachdem man sich überzeugt hat, daß die Einteilung richtig gemacht war.

Den Nachweis der Richtigkeit giebt die Gleichheit der Reste auf den gegenüberliegenden Seiten des Rechteckes, die nach Abtragung der gleichen Anzahl von Netzlinienabständen übrig bleiben.

§ 163. Das Verkleinern und Vergrößern von Karten mittels der Photographie (Steinheils „Weitwinkel-Aplanat“), das Kopieren und Vervielfältigen von Zeichnungen durch Lichtdruck ist zu einer großen Vollkommenheit entwickelt, hat aber für die eigentliche Markscheidekunst nur untergeordnete Bedeutung, da die hiermit erhaltenen Kopieen nie ganz genau maßstäblich werden können. Zur Vervielfältigung von Übersichtskarten sind die genannten Apparate mit Vorteil zu benutzen.

§ 164. **Stückvermessung. Einzelmessung.** In der Grube besteht diese Messung in der Aufnahme der Grubenräume, wie sie in §§ 139 u. 157 besprochen ist.

Über Tage. Nachdem durch ein Dreiecksnetz und durch angeschlossene Haupt- und Nebenpolygone eine hinreichende Anzahl von Punkten und Linien festgelegt und markiert sind, schreitet man zur Stückvermessung.

Diese erfolgt bei dem preußischen Kataster ausschließlich mittels Meßband, Winkelspiegel und Fluchtstäben nach der Koordinaten- oder Normalenmethode. Der Markscheider wird außer den genannten Apparaten, wo es angeht, auch die Bussole benutzen und dann Koordinaten- und Polarmethode zugleich anwenden.

Die Koordinatenmethode. In Fig. 300 ist ein Beispiel gegeben. Die Punkte *ABCD* sind vermarkte Polygonpunkte. Jede einzelne der Seiten wird als Abszissenlinie angesehen, z. B. *BC*. Die Fußpunkte der Perpendikel aus den Punkten 11, 12, 13 und 14 werden auf der Linie *BC* mittels des Winkelspiegels bestimmt, die Längen der Ordinaten, sowie die Längen der Abszissen von *B* aus zählend nach jedem Ordinaten-Fußpunkte gemessen (3, 14, 23, 41, die ganze Länge der Polygonseite 67,0 wird doppelt unterstrichen), die Längen der Ordinaten und Abszissen werden entweder in eine der Fig. 300 entsprechenden Übersichtsskizze oder in eine für jede Linie anzulegende Tabelle oder auch in eine für jede einzelne Linie anzufertigende Sonderskizze eingetragen.

Sind krumme Begrenzungslinien, wie der Bach längs der Linie *AB* aufzunehmen, so werden die Ordinaten von solchen Punkten des Bachufers gefällt, zwischen denen die Ufer eine gerade Linie bilden. Häufig nimmt man die Ordinaten in ganz gleichen Abszissenabständen von je 5, 10 oder 20 Meter. Zuweilen ist es nicht möglich, eine Ordinate unmittelbar zu messen, z. B. die des Punktes *S* in Fig. 301. Dann mißt man in der Meßrichtung die Abszissen bis *R* und *T* und die Längen *RS* und *TS*. Durch Konstruktion des Dreiecks *RST* ist die Lage des Punktes durch den Bogenschnitt bestimmt, oder wie ein anderer Kunstausdruck lautet: er ist der Abszissenachse angebunden. Man wendet das Verfahren nur bei kurzen Entfernungen an.

Die Polygonseiten genügen bei nicht freiliegenden Grenzen und wenig übersichtlichem Gelände nicht immer zur Aufnahme aller Punkte.

Man wird dann Hilfslinien einbinden und zwar durch Bestimmung ihrer Durchschnittspunkte mit zwei gegebenen Polygonseiten, z. B. die Linie 1—2, und an solche Meßlinien wieder andere binden, wie die Linie 4—3, welche durch die Flur des Hauses II geht und die Linie 5—6, die zugleich die Verlängerung einer Grundstücksgrenze ist.

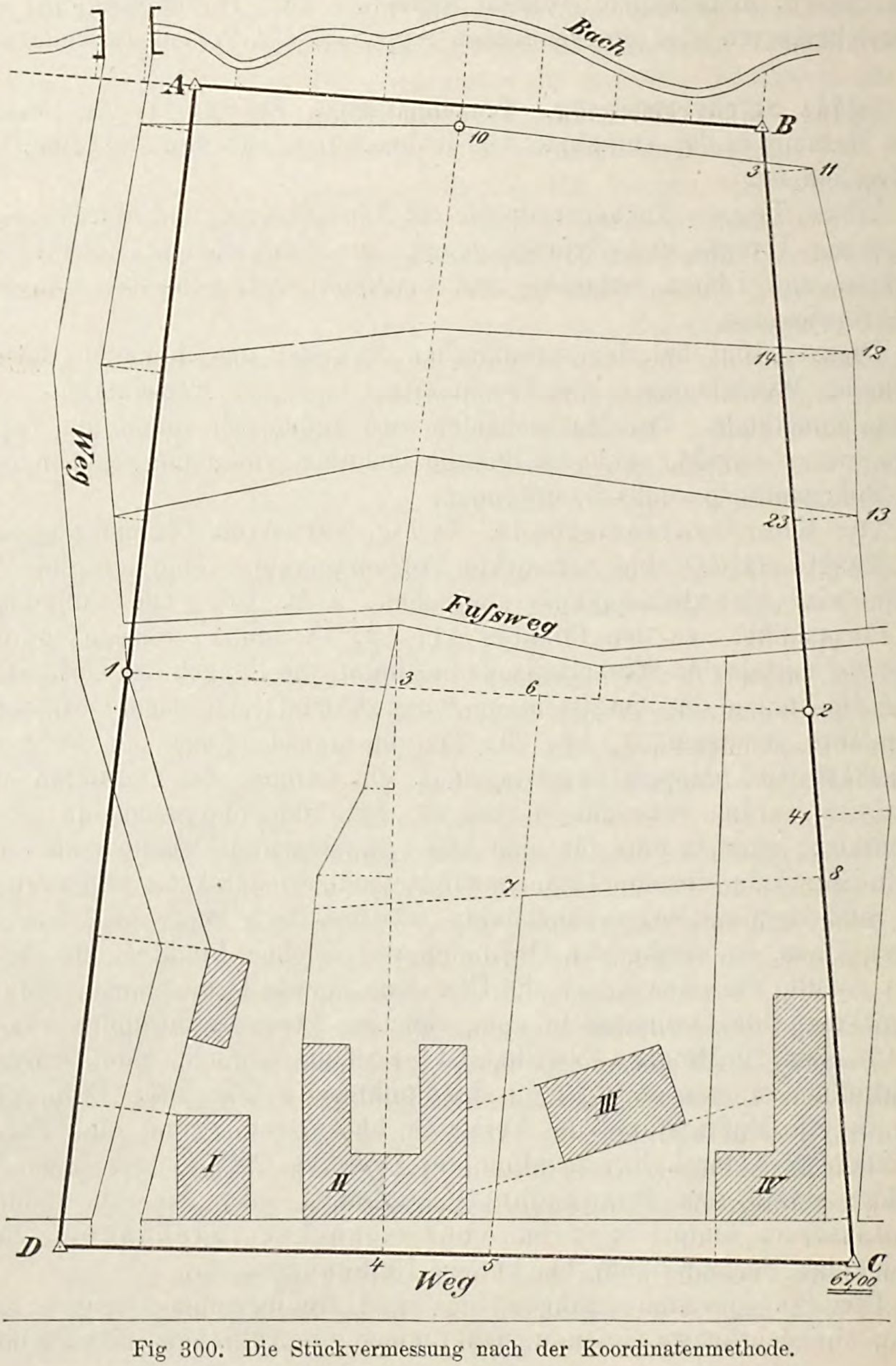


Fig 300. Die Stückvermessung nach der Koordinatenmethode.

Die Lage der Häuser wird ebenfalls durch Ordinaten und Abszissen der zur Konstruktion der Grundriß-Figur notwendigen Eckpunkte bestimmt, oder auch, wie Haus Nr. III, durch Verlängerung der Fluchtlinien bis zu festen Meßlinien. Alle nicht unmittelbar eingemessenen Ecken und Vorsprünge der Häuser werden am Gebäude selbst gemessen und die Längen daneben geschrieben. (In der Figur sind diese und andere Zahlen weggelassen.)

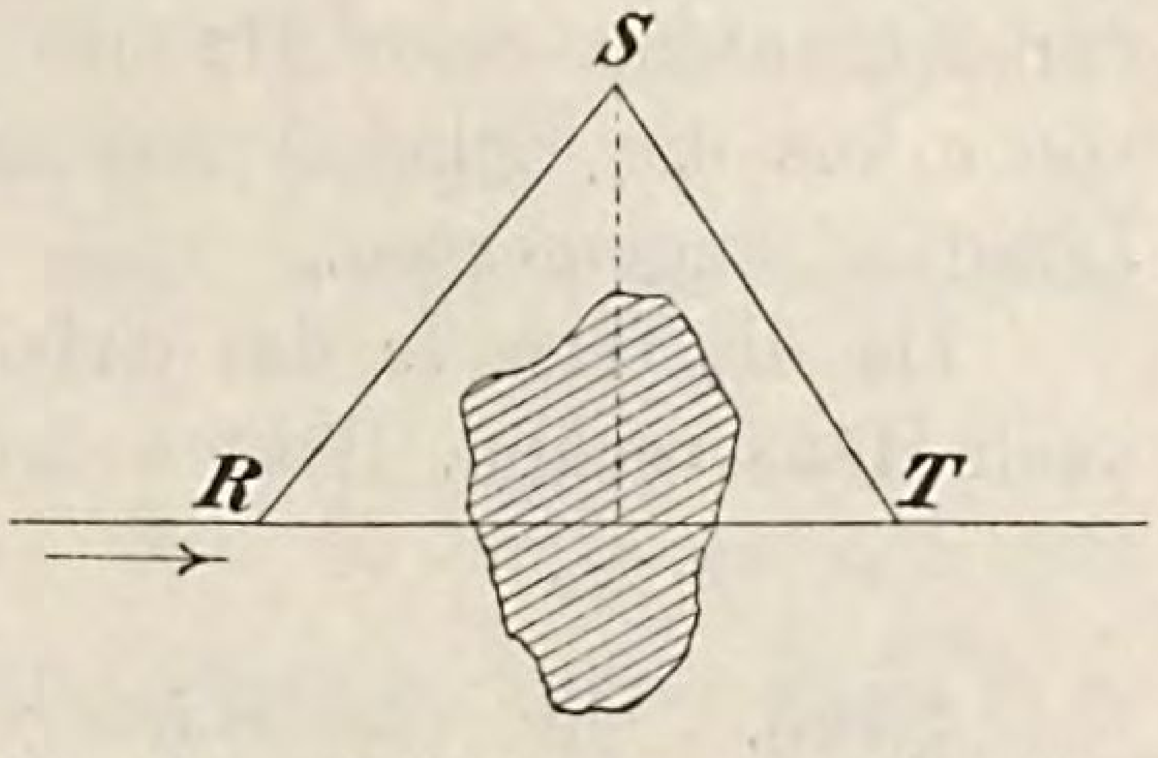


Fig. 301. Bestimmung eines Punktes durch Bogenschnitt.

Die Einbindung von Messungslinien soll nicht unter zu spitzen Winkeln erfolgen, weil darunter die Genauigkeit leidet. Die Länge der mit dem Winkelspiegel festgelegten Ordinaten sollte nicht über 40 Meter gehen, wo nach § 21 ein Fehler von $\pm$ 4,6 cm in der Punktbestimmung möglich ist. Viele halten 25 m für die äußerst zulässige Ordinatenlänge, wo der mögliche Fehler $\pm$ 2,8 cm beträgt. Die Ordinaten werden am zweckmäßigsten mit einem kleinen 10 m langen Meßbande gemessen, auf dem die Teilung bis zu Zentimetern eingeätzt ist.

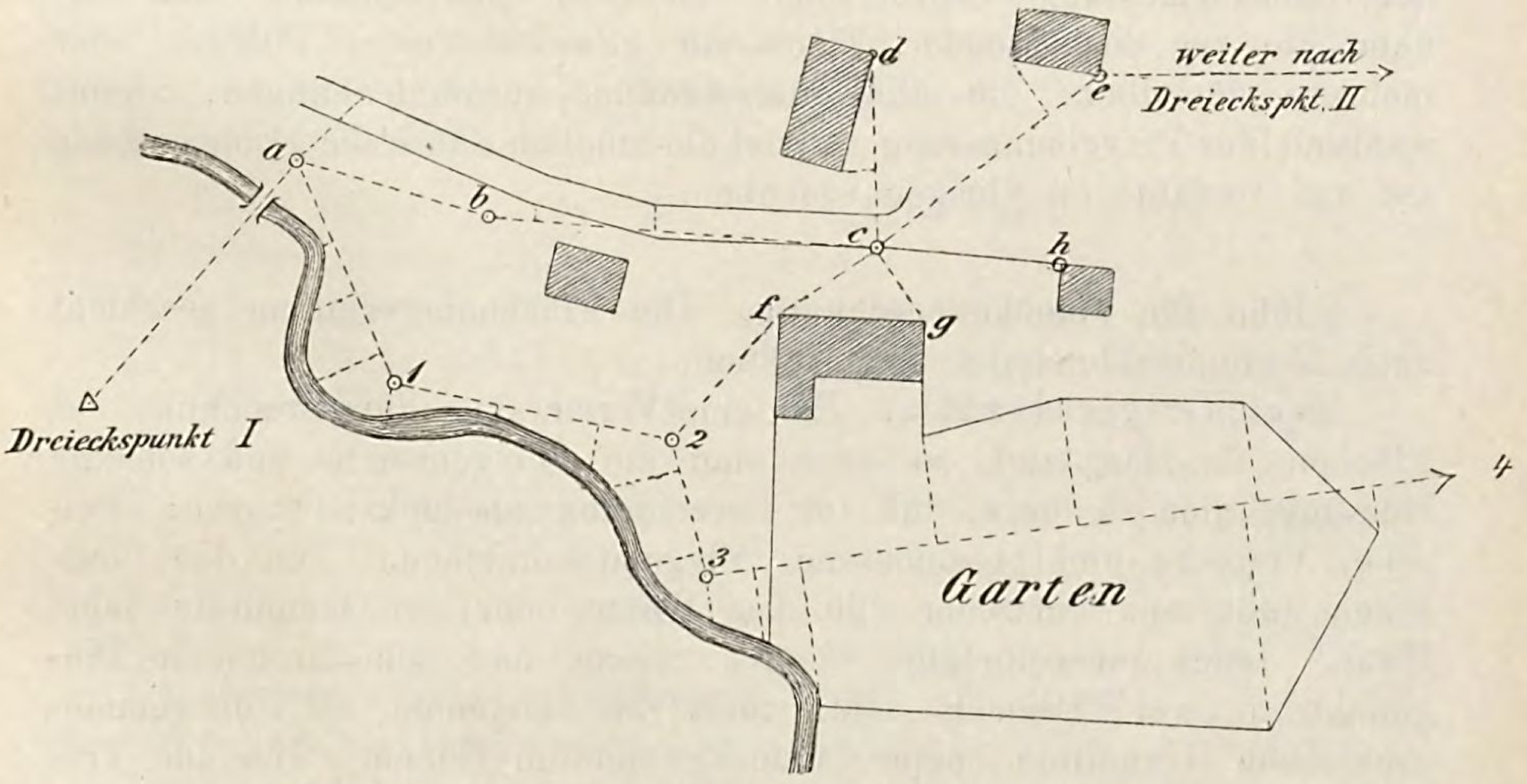


Fig. 302. Skizze einer Situationsaufnahme mit der Bussole.

Die Stückvermessung mit der Bussole. Diese wird meistens gleich mit der Vermessung der Nebenpolygone verbunden. Fig. 302 zeigt einen Teil einer solchen Messung. Das Polygon geht von dem Dreieckspunkte *I* aus, teilt sich im Punkte *a* in zwei Arme, die später beide im Dreieckspunkte *II* wieder zusammentreffen. Dadurch, daß von jedem Polygonzweige dieselben Punkte angemessen werden (z. B. *f* von *c*

und 2 aus), werden Bestätigungen und Prüfungen erzielt. Der Garten ist von der Polygonseite 3—4 durch die Koordinatenmethode und die Häusergruppe um den Punkt *c* durch die Polarmethode vermessen. Bei der Aufnahme eines Hauses wird die entferntere Ecke angezielt (z. B. von *c* aus die Ecke *d*) und die näheren Ecken durch Ordinaten auf die Linie *cd* angemessen.

Da die Bussole das Arbeiten mit Springständen gestattet, so können auch Häuserecken, Bäume und dergl. Polygonpunkte bilden, z. B. *f* und *e*.

§ 165. Die vorstehenden Methoden werden auch angewendet zur selbständigen Vermessung kleinerer Flächen, ohne daß ein Netz durch Dreiecksmessung vorher festgelegt war. Man verfährt auch hier nach demselben Grundsatze und arbeitet vom großen ins kleine.

Fehlt ein Winkelmeßinstrument, so wird man zunächst einige Hauptfiguren, Dreiecke oder mehrere sich rechtwinkelig kreuzende Linien, abpflöcken, die durch bloße Längenmessung bestimmt werden können und die die ganze zu messende Fläche umgeben bezw. überdecken, und wird dann wie bei der Stückvermessung weiter verfahren.

Das Vermessen kleinerer Flächen mittels der Bussole ist dem bei der Stückvermessung besprochenen Verfahren ganz ähnlich. Man legt über die zu vermessende Fläche ein geschlossenes Polygon oder mehrere derselben, die alle untereinander zusammenhängen, nimmt während der Polygonmessung so viel als möglich durch die Polarmethode auf und verfährt im übrigen wie oben.

§ 166. **Die Flächenberechnung.** Die Flächenberechnung geschieht nach Originalzahlen oder nach Plänen.

Nach Originalzahlen. Hat eine Vermessung die Berechnung der Flächen als Hauptziel, so wird man die Polygonseiten und sonstige Messungslinien so legen, daß zur Berechnung geschickte Figuren: Dreiecke, Vierecke und geschlossene Polygone entstehen. Von den Dreiecken mißt man entweder alle drei Seiten oder die Grundlinie nebst Höhe. Jedes unregelmäßige Viereck zerlegt man sich durch eine Diagonale in zwei Dreiecke. Man mißt die Diagonale als die gemeinschaftliche Grundlinie beider Dreiecke und die Höhen. Von den Trapezen mißt man die Längen der beiden parallelen Seiten und ihren Abstand. Von den geschlossenen Polygonen ermittelt man die Koordinaten der Eckpunkte bezogen auf eine der Messungslinien oder auf das allgemeine Achsensystem der Messung. Ist eine Fläche von krummen Linien begrenzt, so pflöckt man sich ein Polygon ab, das sich möglichst nahe an die Grenzen anschmiegt und zerlegt die Streifen zwischen den Polygonseiten und der krummen Grenze auf dieselbe Weise in Trapeze, wie den Streifen zwischen dem Bache und der Polygonseite *AB* in Fig. 300.

Der Flächeninhalt eines Dreiecks ist, wenn gegeben sind:

die Grundlinie g und die Höhe h $= \frac{gh}{2}$,

die drei Seiten a, b u. c und wenn $s = \frac{a+b+c}{2}$ $= \sqrt{s \,.\, (s-a)(s-b)(s-c)}$

zwei Seiten a, b und der eingeschlossene Winkel $\gamma = \frac{1}{2} ab \sin \gamma$.

Der Flächeninhalt eines Trapezes ist, wenn a und b die parallelen Seiten sind und h ihr Abstand $= \frac{a+b}{2} \,.\, h$.

Der Flächeninhalt eines Viereckes ist, wenn d die Diagonale und h_1 und h_2 die Höhen der beiden entstandenen Dreiecke sind $= \frac{h_1 + h_2}{2} \,.\, d$.

Den Flächeninhalt eines Polygons findet man aus den Koordinaten der Eckpunkte nach folgender Regel:

Das Doppelte der Fläche ist gleich der algebraischen Summe der Produkte aus allen Abszissen der Eckpunkte und dem Unterschied der Ordinaten der beiden Nachbarecken — oder aus allen Ordinaten und dem Unterschied der Abszissen der Nachbarecken.

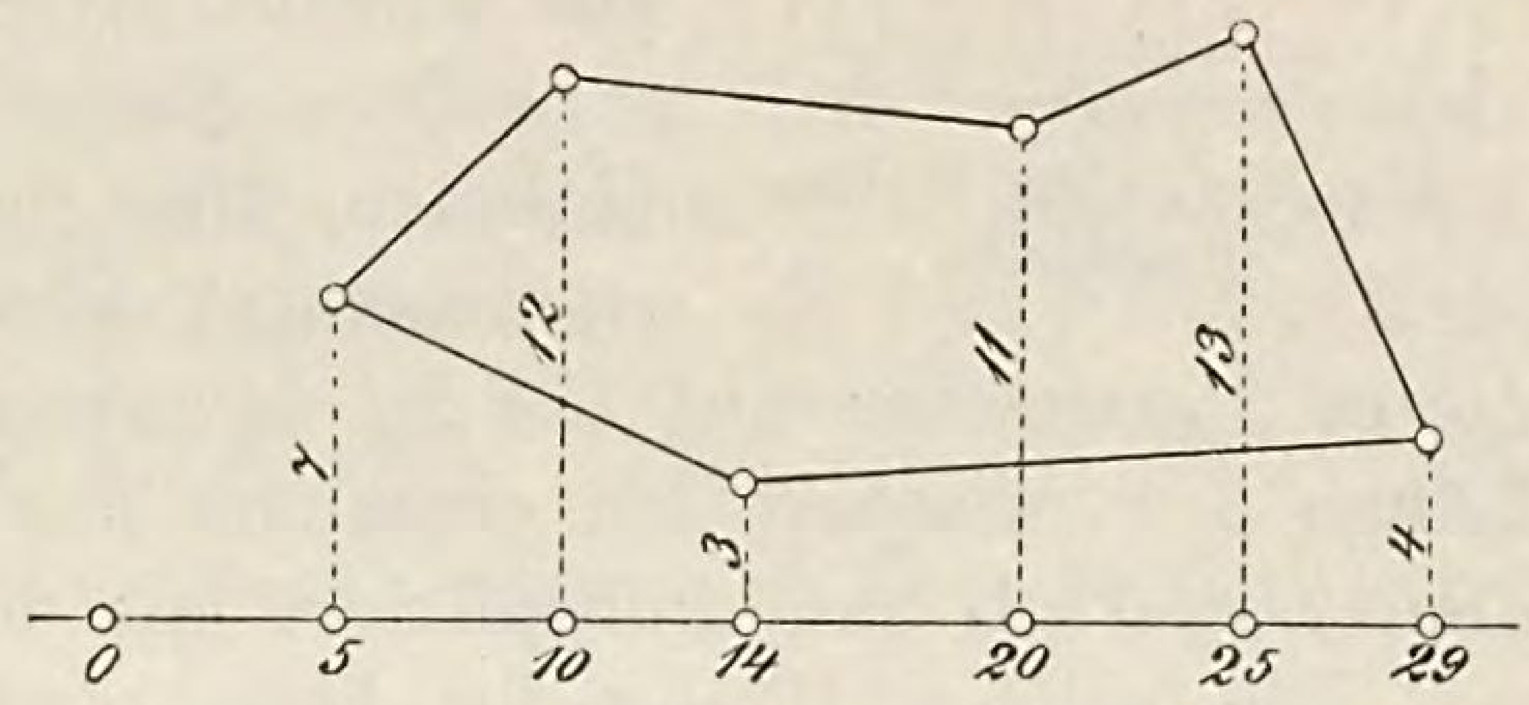


Fig. 303. Flächenberechnung eines Polygons aus den Koordinaten der Eckpunkte.

Beispiel (Fig. 303).

7 (10 − 14) =		− 28	5 (12 − 3) =	+ 45	
12 (20 − 5) =	+ 180		10 (11 − 7) =	+ 40	
11 (25 − 10) =	+ 165		20 (13 − 12) =	+ 20	
13 (29 − 20) =	+ 117		25 (4 − 11) =		− 175
4 (14 − 25) =		− 44	29 (3 − 13) =		− 290
3 (5 − 29) =		− 72	14 (7 − 4) =	+ 42	
	+ 462	− 144		+ 147	− 465
	2) + 318			2) − 318	
	159 qm			159 qm	

Das Ergebnis bleibt dasselbe, wenn alle Abszissen und Ordinaten um eine bestimmte Größe verändert werden.

Das Ermitteln des Unterschiedes der Abszissen bezw. der Ordinaten muß immer in derselben Reihenfolge geschehen. Je nach der Richtung links oder rechts herum, erhält man die Fläche negativ oder positiv. Das Vorzeichen der Fläche ist gleichgültig, da es nur auf die absolute Größe der Fläche ankommt.

§ 167. Die Flächenberechnung nach Plänen. Diese Berechnung geschieht entweder mit Zirkel und Maßstab oder mit Planimetern.

Im ersteren Falle wird die Fläche durch feine Bleistiftlinien in Dreiecke oder Trapeze geteilt und die zur Berechnung erforderlichen Längen werden mit dem Zirkel abgegriffen. Nach erfolgter einmaliger Berechnung wischt man die Hilfslinien aus, zieht neue, welche die Fläche in anderer Weise zerlegen, und wiederholt die Berechnung. Besteht die Fläche aus mehreren Parzellen, so ermittelt man deren Inhalt im einzelnen und dann den der ganzen Fläche und gewinnt dadurch ein Mittel der Prüfung.

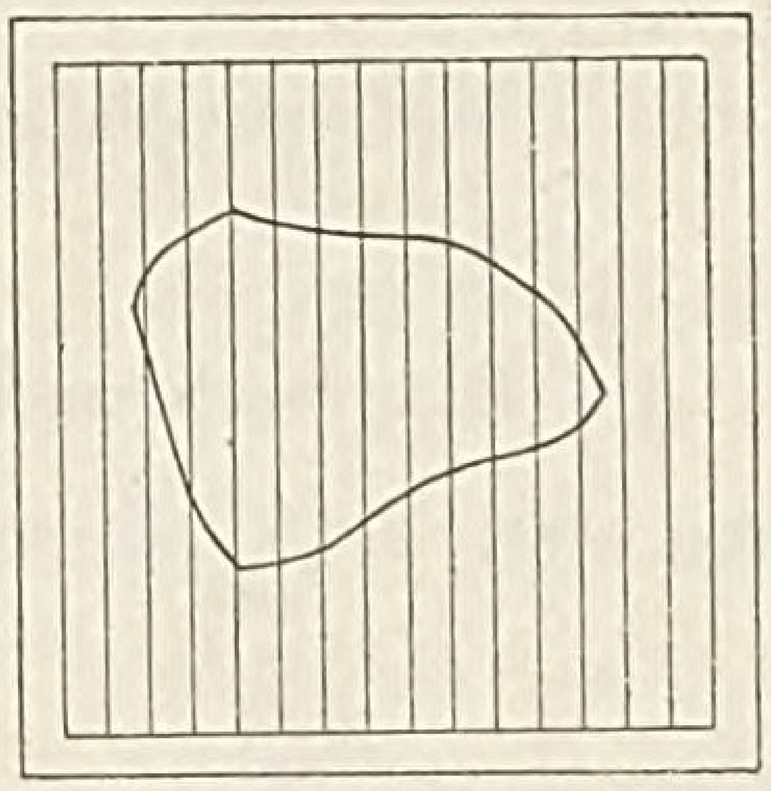


Fig. 304. Das Fadenplanimeter.

Die Flächenberechnung mittels Planimeter. So nennt man mechanische Hilfsmittel zur Flächenberechnung.

Das Fadenplanimeter (Fig. 304) ist ein Rahmen, über welchen eine Reihe paralleler Fäden in gleichem Abstande gezogen sind. Man legt dieses Planimeter auf die zu vermessende Fläche, greift die mittlere Länge der zwischen den einzelnen Parallelfäden liegenden Trapeze mit dem Zirkel ab und multipliziert mit dem Abstande der Fäden.

Ein solches Planimeter kann man auch herstellen, wenn man auf Pausleinen oder einem anderen durchsichtigen Stoffe Parallellinien in gleichem Abstande zieht.

Sehr zweckmäßig ist auch eine Quadratglastafel in Gebrauch, die in Quadratmillimeter eingeteilt ist. Deren Kanten bilden gerade Linien und sind parallel mit den Quadratnetzlinien abgeschliffen.

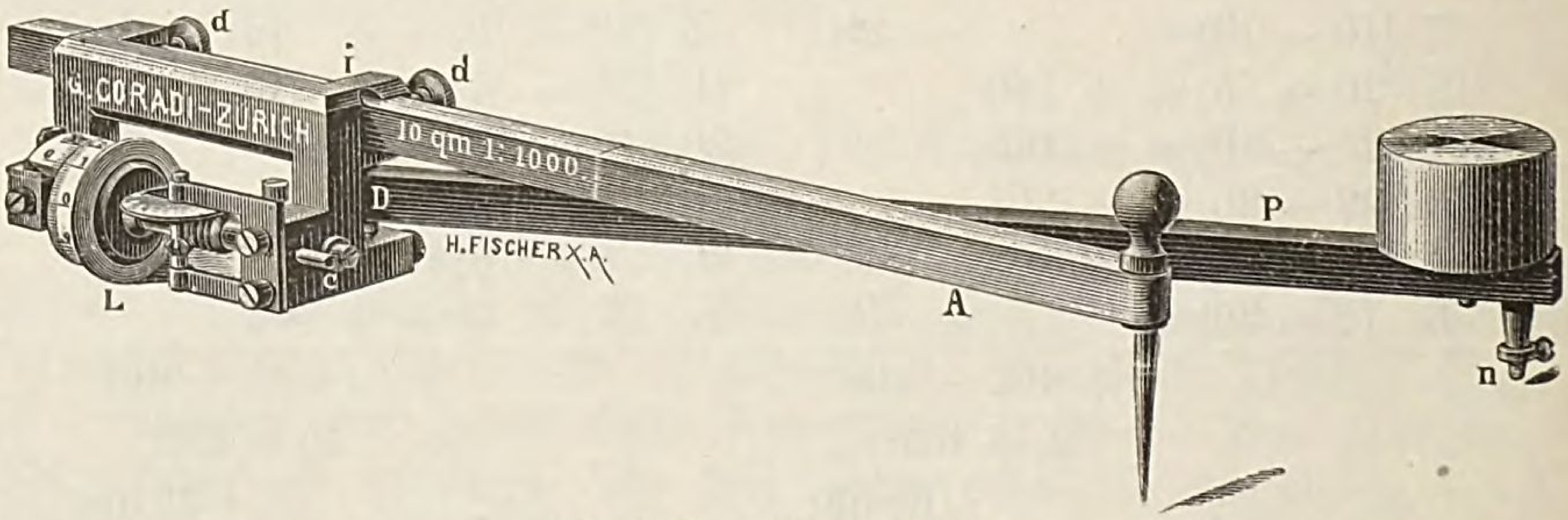


Fig. 305. Polarplanimeter.

Das Polarplanimeter von Amsler (Fig. 305) hat zwei durch ein Gelenk verbundene Stangen, den Polararm *P* und den Fahrarm *A*.

Das Ende des Polararmes wird festgestellt, indem seine Spitze *n* in die Zeichnung eingestochen wird. Ein Gewicht sichert die Stellung. Die Spitze am Polararme ist der Pol, um welchen das Polarplanimeter gedreht wird. Der Fahrarm trägt an seinem Ende einen feingespitzten Stift, den Fahrstift. Dieser wird an einem Punkte des Umfanges der Figur aufgesetzt und von da der Umfang der Figur genau mit dem Fahrstift umfahren, bis die Anfangsstellung wieder erreicht ist. An dem

Fahrarme sitzt eine Laufrolle *L*, die während der Umfahrung der Fläche auf dem Papiere gleitet oder rollt und hierbei umgewälzt wird.

Die Größe dieser Umwälzung wird durch eine Teilung auf dem Rollenumfange gemessen, die mit Hilfe eines Nonius gestattet zehntausendel des Umfanges abzulesen bezw. abzuschätzen, während die Anzahl der ganzen Rollenumläufe ein kleines Zählrädchen anzeigt, das von der Rollenachse aus durch eine Schraube ohne Ende seine Bewegung erhält.

Vor Beginn der Umfahrung und nach Beendigung liest man ab. Bei den zweckmäßig eingerichteten Polarplanimetern ergiebt der Unterschied beider Ablesungen sofort den Inhalt der umfahrenen Fläche in Quadratmillimetern, wenn bis auf Zehntausendstel des Rollenumfanges abgelesen wurde.

Diese Zahl hat man noch mit dem Quadrat der Verjüngungszahl des Planes zu multiplizieren und erhält den Inhalt in Quadratmetern.

Z. B. der Unterschied der beiden Ablesungen sei 14 560, der Maßstab der Zeichnung 1 : 3000, so ist die Fläche $\frac{14\,560 \,.\, (3000)^2}{100\,000} = 131\,040$ qm. Ist der Maßstab 1 : 1000, so giebt die Ablesung am Planimeter gleich die Anzahl der Quadratmeter an.

Der Fahrarm kann durch Verschiebung in einer Hülse verlängert oder verkürzt werden. Für bestimmte durch eine Marke gekennzeichnete Längen des Fahrarmes giebt es verschiedene Konstanten für die Noniuseinheit, die der jedesmaligen Marke am Fahrarme beigeschrieben sind.

Das bisher Gesagte bezieht sich auf den Fall, wo der Pol außerhalb der Fläche gestanden hat. War er innerhalb derselben, so ist noch eine Konstante zur Ablesung hinzuzufügen, die am Planimeter vom Verfertiger angebracht ist.

Es ist vorteilhafter, weil genauer, den Pol außerhalb der Figur zu haben.

§ 168. Die Theorie des Polarplanimeters. Nachstehende Betrachtung ist abgekürzt nach Weisbach. Führt man den Stift *F* (Fig. 306) auf dem Umfange der Kurve herum, so beschreibt der Punkt *C* (Mittelpunkt des Gelenkes, das Fahr- und Polararm verbindet) einen Kreisbogen. Sind *CF* und *LK* zwei aufeinanderfolgende Lagen des beweglichen Fahrarmes, so ist klar, daß *CF* nur durch eine gleichzeitig fortschreitende und drehende Bewegung in die Lage *LK* kommt, und daß man diese zusammengesetzte Bewegung in zwei einfache zerlegen kann, indem man sich vorstellt, daß die Gerade *CF* zuerst durch parallele Verschiebung in die Lage *LJ* und hierauf durch eine Drehung um den Punkt *L* in die Lage *LK* gelange. Somit wird das Flächenelement *CLKF* durch die Summe des Parallelogrammes $CFJL = p$ und des Sektors $LJK = s$ gebildet und dieses Flächenelement steht in einem gewissen Verhältnis zu dem abgewälzten Rollenumfange.

Die Flächenelemente sind positiv und negativ und die algebraische Summe aller ist gleich dem Inhalte der umfahrenen Figur.

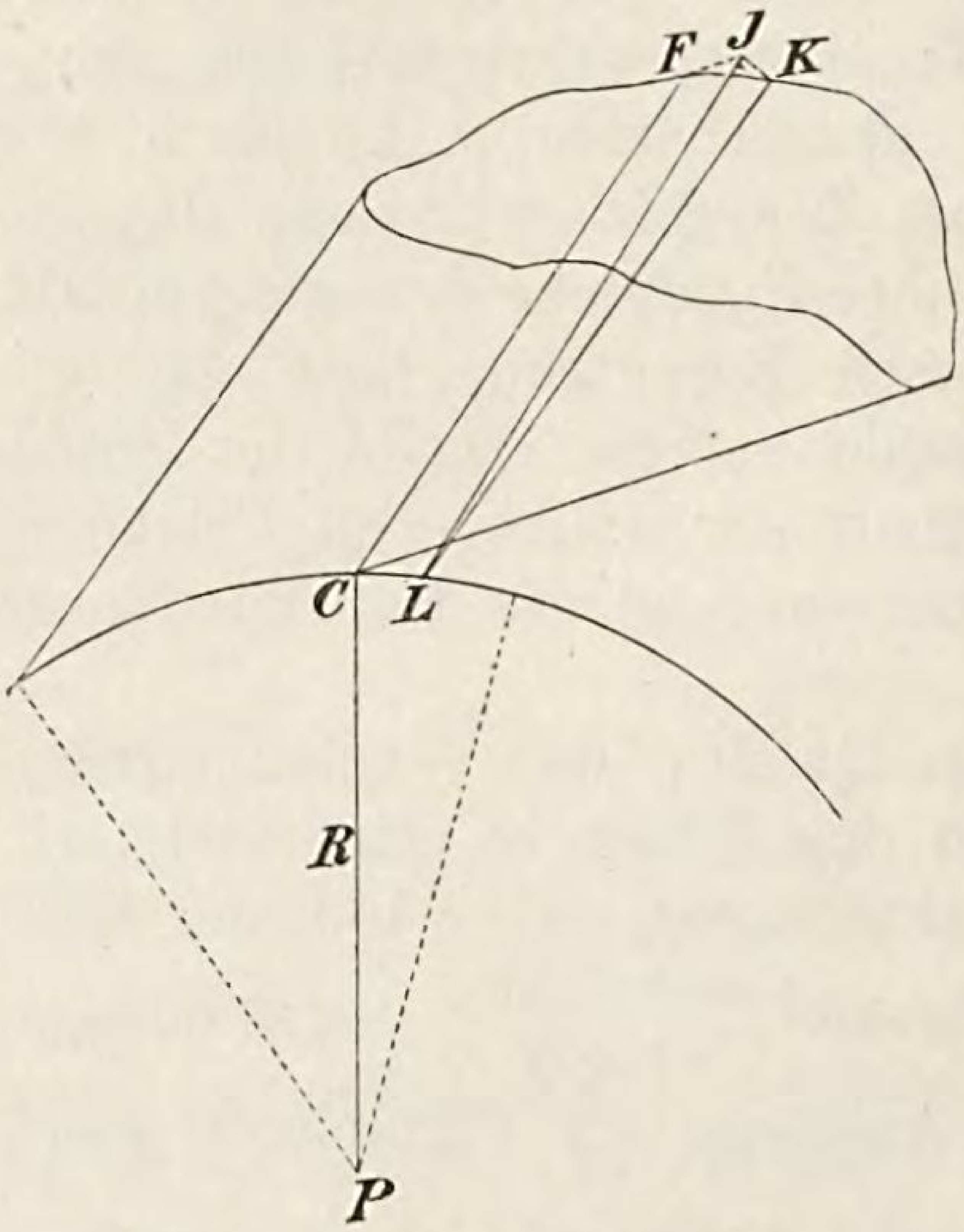


Fig. 306. Theorie des Polarplanimeters.

Beweis. (Hierzu Figg. 307 und 308).

Der Fahrarm von der Länge b sei aus der Lage $A_1 A_1$ in die Lage $A_2 A_2$ gekommen. Die Bewegung kann man zerlegen in eine Komponente längs des Fahrarmes, bei welcher von der Rolle nichts abgewälzt wird, da sie hierbei nur parallel ihrer Achse gleitet, und in eine Komponente rechtwinkelig zum Fahrarm, wobei die ganze Wegstrecke hh von der Rolle abgewälzt wird. Ist der Halbmesser der Rolle $= \varrho$ und hat sie sich um einen Winkel φ_1 gedreht, so ist $hh = \varrho \varphi_1$ (φ_1 in Teilen des Radius ausgedrückt) und der Flächeninhalt des Parallelogrammes $A_1 A_1 A_2 A_2$, das vom Fahrarm überstrichen wurde, ist $b \varrho \varphi_1 = P$.

Ferner sei der Fahrarm um einen Winkel ψ gedreht worden und habe dabei einen Kreissektor vom Inhalte $S = \frac{1}{2} b^2 \psi$ überfahren (ψ im Bogenmaß). Bei der Drehung hat die Laufrolle sich um einen Winkel φ_2 abgewälzt, der, wenn e die Entfernung der Laufrolle von der Drehachse ist, mit dem Bogen ψ durch die Gleichung $\psi = \frac{\varrho \cdot \varphi_2}{e}$ verbunden ist. ($\psi e = \varrho \varphi_2$, zwei gleich lange Bogenstücke.)

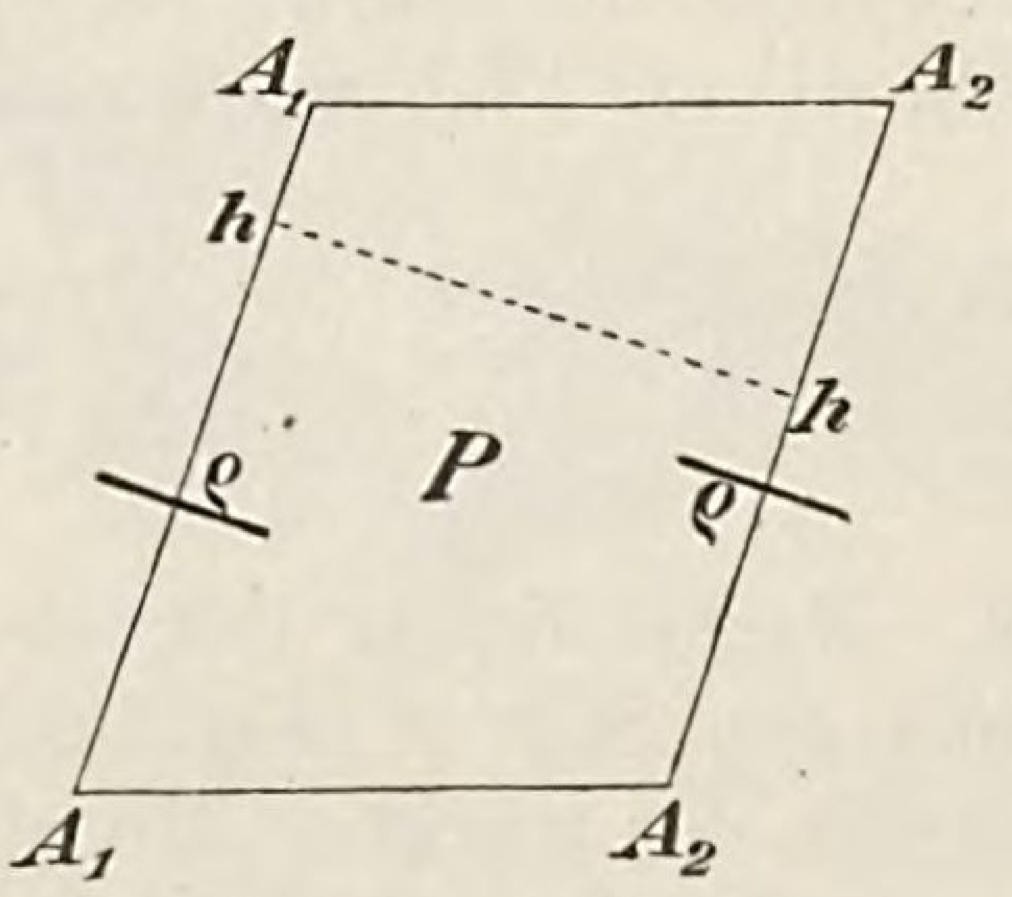


Fig. 307.

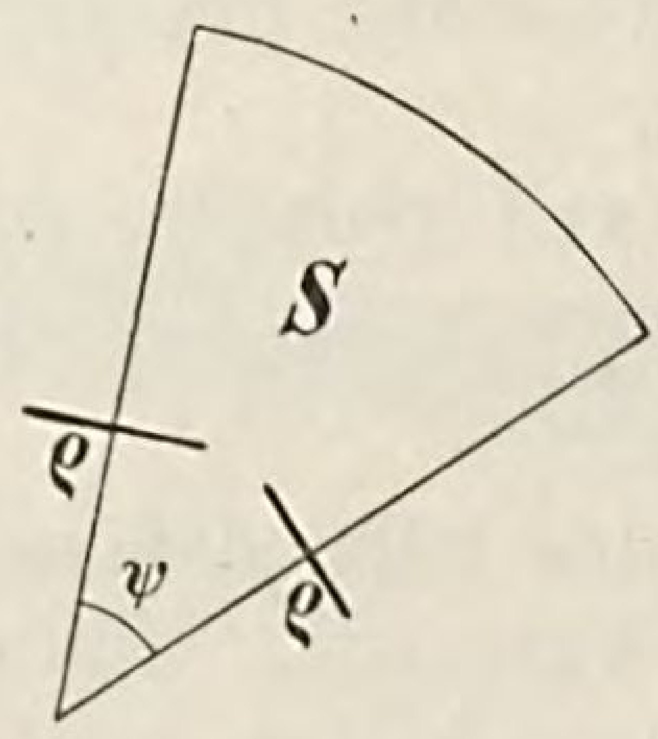


Fig. 308.

Theorie des Polarplanimeters.

Der Fahrarm erleide nun die allgemeinste Bewegung, Parallelverschiebung und Drehung, wobei er ein Parallelogramm P und einen Sektor S überstreicht, und wobei die Rolle sich um einen Winkel $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$ gedreht hat. Setzt man in diese Gleichung für φ_2 den Wert $\frac{e\psi}{\varrho}$ ein, so ist $\varphi_1 = \varphi - \frac{e\psi}{\varrho}$.

Der Inhalt des Parallelogrammes

$$P = b \varrho \varphi_1 \quad \text{oder} \quad = b \varrho \left(\varphi - \frac{e\psi}{\varrho} \right).$$

Das ist $P = b\varrho\varphi - be\psi$.

$$P + S = b\varrho\varphi - be\psi + \tfrac{1}{2}b^2\psi$$
$$P + S = b\varrho\varphi + \tfrac{1}{2}\psi(b^2 - 2\,be) = df.$$

Die aus Parallelogramm und Sektor zusammengesetzte Figur ist das Element df der vom Fahrarme überstrichenen irgend wie gestalteten Fläche.

Ist der Fahrstift nach Umfahrung des Umfanges einer geschlossenen Figur in den Anfangspunkt zurückgekehrt, so hat der Fahrarm genau dieselbe Lage, wie am Anfange und $\Sigma\psi$, d. h. die Summe aller Drehungen, ist:

(1) $\Sigma\psi = 0$, wenn der Pol außerhalb der Figur,
(2) $\Sigma\psi = 2\pi$ „ „ „ innerhalb „ „ .

Demgemäß ist die Fläche im Falle

(1) $\Sigma df = b\varrho\Sigma\varphi + 0 = c\Sigma\varphi$
(2) $\Sigma df = b\varrho\Sigma\varphi + \tfrac{1}{2}\,2\pi\,(b^2 - 2be) = c\Sigma\varphi + c'$

wo $c = b\varrho$ und $c' = \pi(b^2 - 2be)$ Konstanten bedeuten, die nur von den Dimensionen des Instrumentes: der Fahrarmlänge b, dem Halbmesser ϱ der Laufrolle und dem Abstande e dieser von der Drehachse des Fahrarmes, abhängen. Die Konstanten können aus den Abmessungen des Polarplanimeters berechnet werden.

Außer dem besprochenen Polarplanimeter giebt es noch solche anderer Konstruktion, Linear-, Rollen- und Kugelplanimeter, von denen das letztere dem Ideal eines Flächenmessers am nächsten kommt, worauf hier nicht näher eingegangen werden kann. Alle Planimeter werden in vollkommenster Ausführung von G. Coradi in Zürich geliefert.

§ 169. **Genauigkeit der Flächenberechnung.** Nach Anweisung VIII der Katasterverwaltung soll bei Flächenermittelungen eine Parzellen-, eine kleine und eine große Massenberechnung vorgenommen werden. Die kleinere Massenberechnung umfaßt Teile eines Kartenblattes, die einen abgeschlossenen Komplex bilden, die große Massenberechnung umfaßt ein ganzes Kartenblatt.

Die Parzellenberechnung wird zweimal ausgeführt. Die beiderseitigen Ergebnisse sind nur dann als richtig anzunehmen, wenn der Unterschied a zwischen beiden höchstens $0{,}01\sqrt{60\,F + 0{,}02\,F^2}$ beträgt, wobei F den Flächeninhalt der Parzellen in Aren bezeichnet und a gleichfalls in Aren erhalten wird.

Die Ergebnisse der kleinen, bezw. der großen Massenberechnung dürfen von dem Mittel der beiden Parzellenmessungen ebenfalls nur um den in obiger Formel ausgedrückten Flächenwert abweichen.

Die bayerische Instruktion sagt: Die Summe aller Einzelflächen muß mit der aus den polygonometrischen Koordinaten der Gesamtfläche, wenn n Parzellen vorliegen, stimmen bis auf

$0{,}0015\ (f + \sqrt{2n})$	Hektare im Maßstabe	$1:1000$
$0{,}0030\ (f + \sqrt{2n})$	„ „ „	$1:2500$
$0{,}0060\ (f + \sqrt{2n})$	„ „ „	$1:5000$

Die für jede Parzelle gefundenen Ergebnisse müssen mit denen der ersten Rechnung bis auf $\frac{1}{250}\sqrt{f}$, $\frac{1}{100}\sqrt{f}$, $\frac{1}{50}\sqrt{f}$ für obige Maßstäbe übereinstimmen.

Zehntes Kapitel.

Die Anschluß- und Einrichtungs- oder Orientierungsmessungen.

§ 170. Die Messungen, welche ausgeführt werden, um zwei mit dem Theodoliten in verschiedenen Horizonten ausgeführten Polygonzüge zu verbinden, nennt man Anschlußmessungen; solche, die den Zweck haben, die gegenseitige Lage der beiden Züge zu ermitteln, oder was dasselbe ist, beide auf ein gemeinschaftliches Koordinatensystem berechnen zu können, Einrichtungs- oder Orientierungsmessungen.

Für das eine der beiden Polygone ist bereits ein Achsensystem vorhanden und von seinen Punkten sind die Koordinaten berechnet. Für die folgenden Betrachtungen soll der Einfachheit wegen angenommen werden, daß dieses Polygon über Tage liegt und an das vorhandene Dreiecksnetz angeschlossen ist. Das zweite einzurichtende Polygon liegt in der Grube.

Das Grubenpolygon ist angeschlossen, wenn von einem Punkte die Koordinaten für das System des Tagezuges ermittelt sind, und es ist eingerichtet oder orientiert, wenn der Neigungswinkel einer Polygonseite gegen die Abszissenachse des Tagezuges bekannt ist.

In den meisten Fällen werden beide Zwecke mit derselben Messung zugleich verfolgt.

Das Verfahren richtet sich nach der Art und der Zahl der Verbindungswege zwischen Tage- und Grubenzug, und man kann hiernach drei Fälle unterscheiden:

Die Verbindung kann stattfinden:

1) durch einen Stolln,
2) durch zwei Schächte,
3) durch einen Schacht,

oder es können zwei oder mehrere der angeführten Fälle zusammentreffen.

§ 171. Erster Fall. Bildet ein Stolln oder eine flach einfallende Tagestrecke die Verbindung zwischen Gruben- und Tagezug, so ist die Anschluß- und Orientierungsmessung einfach, da das Grubenpolygon nur durch den Stolln, bezw. durch die flache Strecke bis zur nächsten Dreiecksseite fortzusetzen ist.

Wenn die verbindende Tagestrecke sehr steil einfällt, oder die Verbindung nur durch einen tonnlägigen Schacht gegeben ist, so wird wohl der Anschluß mit ausreichender Genauigkeit zu erreichen sein, nicht aber die Orientierung.

Bei solchen Schachtmessungen müssen die Horizontalwinkel unter den ungünstigsten Verhältnissen namentlich mit stark gekipptem Fernrohre gemessen werden, so daß eine geringe Neigung der Kippachse den Polygonwinkel erheblich beeinflußt.

Auf die Koordinatenbestimmung des Anschlußpunktes in der Grube hat dagegen die Unsicherheit in den Schachtwinkeln, bei den kurzen söhligen Entfernungen zwischen den einzelnen Winkelpunkten, einen verhältnismäßig geringen Einfluß.

Borchers führt in seiner Markscheidekunst Seite 158 ein Beispiel an. Hiernach zeigen zwei in einem tonnlägigen Schachte ausgeführte Messungen mit je achtmaliger Aufstellung des Theodoliten einen Orientierungsunterschied von 2′24″ und das Mittel aus beiden Werten weicht 3′13″ von der später auf andere Weise erreichten richtigen Orientierung ab.

Man wird also nur im äußersten Notfalle zur Übertragung der Orientierung durch einen tonnlägigen Schacht mittels eines Schachtpolygones seine Zuflucht nehmen.

§ 172. Zweiter Fall. Die Verbindung ist durch zwei Schächte hergestellt.

Diese Schächte können seiger oder tonnlägig sein. In seigeren Schächten wird der Anschluß durch eingehängte Lote, in tonnlägigen Schächten durch einen Polygonzug herbeigeführt, wodurch, wie im vorigen Paragraphen gesagt, eine ausreichende Genauigkeit erzielt wird.

Hat der zu messende Schacht eine geringe Tonnlage und ist in demselben nicht zu viel Eisen vorhanden, so wird die Messung sehr zweckmäßig mit dem Hängekompaß statt mit dem Theodoliten ausgeführt, und für den vorliegenden Zweck eine gleiche Genauigkeit erreicht.

Bei dem bedeutenden Fallwinkel des Schachtes kann man denselben in großen Stücken abseigern, und es ist das Streichen von nur wenigen kurzen Schnüren abzunehmen, die an den Absetzpunkten die Lote miteinander verbinden. Die Absetzpunkte ergeben sich von selbst da, wo aus irgend einem Grunde nicht weiter gelotet werden kann.

Sollte an einer solchen Stelle zu viel Eisen in der Nähe sein, so ist an einem günstigeren, höher gelegenen Punkte abzusetzen. Mit dem

benutzten Hängekompaß ist das Streichen einer Dreiecksseite als Orientierungslinie abzunehmen.

Ist der Anschluß in beiden Schächten erreicht, so erfolgt die Orientierung durch Einrechnung.

Die Besprechung vereinfacht sich, wenn zwei seigere Schächte angenommen werden.

Die Lotpunkte in beiden Schächten werden mit dem Dreiecksnetze über Tage durch eine genaue Messung verbunden, und daraus wird die Länge und das Azimut der Verbindungslinie beider Lote ermittelt.

Alsdann führt man in der Grube von dem einen Lote bis zu dem anderen einen Polygonzug aus und berechnet denselben auf ein Koordinatensystem, dessen Nullpunkt ein Lotpunkt und dessen Abszissenachse am zweckmäßigsten die erste vom Nullpunkte ausgehende Polygonseite ist.

Aus den so gewonnenen Koordinaten des Grubenzuges läßt sich nochmals die Länge der Verbindungslinie beider Lotpunkte, sowie deren Neigung gegen die erste Polygonseite berechnen. Das Azimut der genannten Verbindungslinie war aus der Tagestriangulation bekannt, folglich läßt sich das Azimut der ersten Polygonseite des Grubenzuges ebenfalls bestimmen, woraus die Azimute der übrigen Polygonseiten leicht abgeleitet werden können.

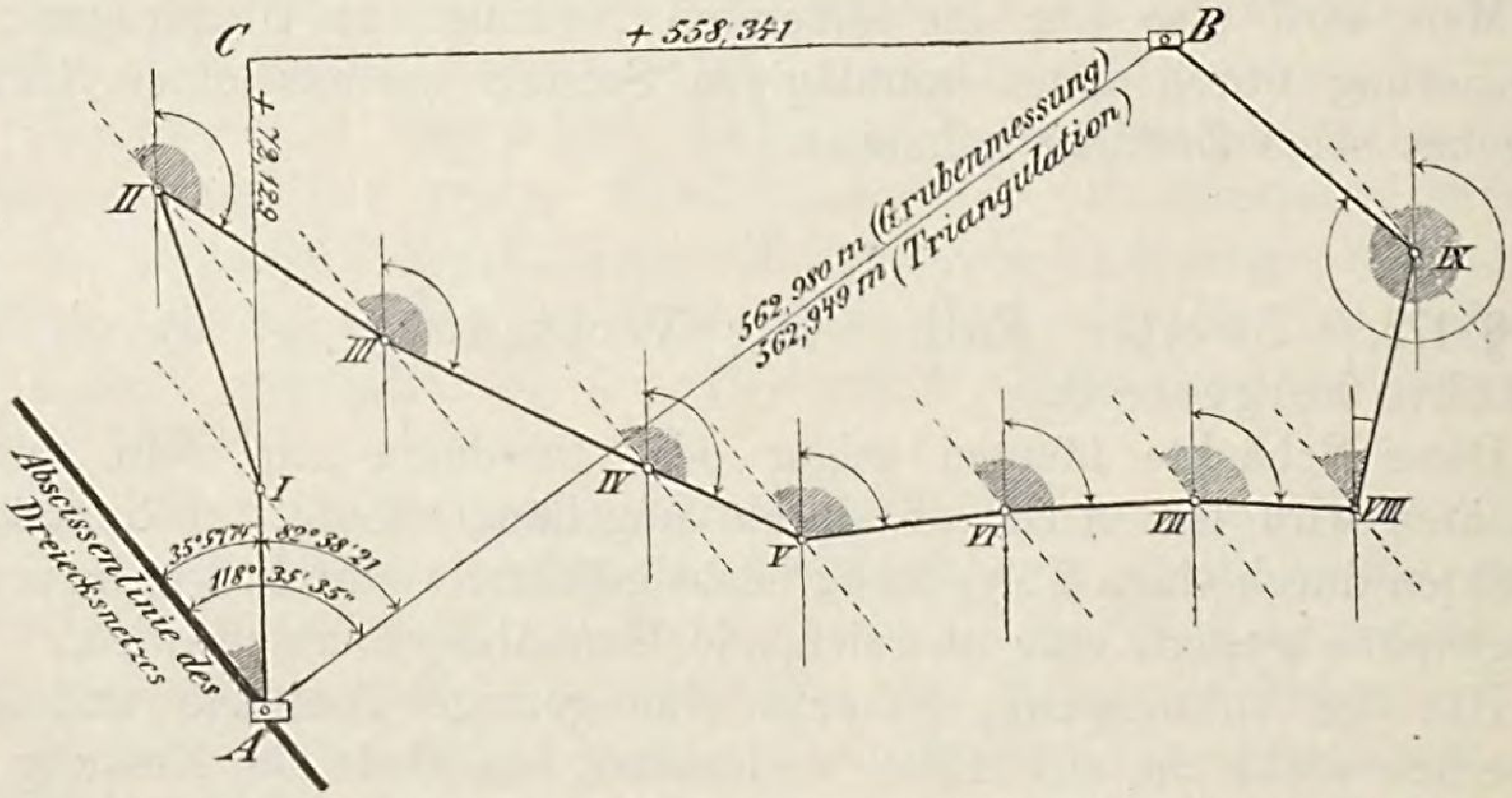


Fig. 309. Orientierung eines Grubenzuges durch zwei Schächte mittels Einrechnung.

Beispiel. (Hierzu die nicht maßstäbliche Fig. 309.)

In zwei seigeren Schächten sind die Lote in den Punkten A und B gehängt. Aus der Tagestriangulation ergiebt sich die Länge der Linie AB zu 562,949 m und ihr Azimut zu 118° 35′ 35″.

In der Grube ist ein Polygonzug ausgeführt, dessen Koordinatenberechnung auf die Linie AI als Abszissenlinie und auf A als Anfangspunkt folgendermaßen sich gestaltet:

Zeichen von	bis	Länge	Polygonwinkel Gr.	M.	S.	Neigungswinkel Gr.	M.	S.	Koordinaten Ordinaten Meter	Abszissen Meter
A	I	17,632	—	—	—	0	0	0	0,0	+ 17,632
I	II	42,363	177	32	57	357	32	57	− 1,812	+ 59,956
II	III	129,991	284	57	24	102	30	21	+ 125,095	+ 31,808
III	IV	167,510	177	55	38	100	25	59	+ 289,835	+ 1,474
IV	V	92,963	180	52	30	101	18	29	+ 380,993	− 16,755
V	VI	82,810	158	33	27	79	51	56	+ 462,511	− 2,184
VI	VII	37,453	184	52	25	84	44	21	+ 499,806	+ 1,250
VII	VIII	63,160	184	25	31	89	9	52	+ 562,959	+ 2,171
VIII	IX	61,220	93	53	21	3	3	13	+ 566,220	+ 63,304
IX	B	11,830	135	11	21	318	14	34	+ 558,341	+ 72,129

Aus den Koordinaten + 558,341 und + 72,129, welche die Katheten des rechtwinkeligen Dreiecks ABC sind, berechnet man die Neigung und die Länge der Linie AB, wie folgt:

$$\begin{aligned} \log 558{,}341 &= 2{,}7468995 \\ \log 72{,}129 &= 1{,}8581099 \\ \log \operatorname{tg} BAC &= 0{,}8887896 \qquad \sphericalangle BAC = 82^0\,38'\,20'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \log 558{,}341 &= 2{,}7468995 \\ \log \sin BAC &= 9{,}9964059 - 10 \\ \log AB &= 2{,}7504936 \qquad AB = 562{,}980. \end{aligned}$$

Aus dem Winkel BAC, d. i. dem Neigungswinkel der Linie AB gegen die Polygonseite AI, und aus dem bekannten Azimute der Linie $AB = 118^0\,35'\,25''$ erhält man das Azimut der ersten Polygonseite AI und zwar in diesem Falle durch Subtraktion $118^0\ 35'\ 35'' - 82^0\ 38'\ 20'$ $= 35^0\,57'\,15''$.

Hieraus lassen sich die Azimute der übrigen Polygonseiten ableiten, was in unserem Beispiele am einfachsten dadurch geschieht, daß man die Neigungswinkel der obigen Koordinatenberechnung um $35^0\,57'\,15''$ vergrößert.

In der Fig. 309 sind die Neigungswinkel gegen die Polygonseite AI als Abszissenachse mit einem Bogen versehen, die wahren Azimute schraffiert.

Mit Hilfe dieser Azimute werden die Koordinaten der Polygonpunkte in der Grube endgültig berechnet, und die geringen Unstimmigkeiten nach § 134 Fig. 270 an den Teilkoordinaten abgeglichen.

Die Orientierung durch zwei Schächte kann bei weniger wichtigen Arbeiten auf mechanischem Wege erfolgen. Man legt den einzurichtenden Grubenzug auf irgend eine Weise zu, fertigt eine Kopie auf Pauspapier von der Zulage und legt diese so auf die Zeichnung des Tagezuges, daß Anfang und Endpunkt mit den Lotpunkten in den Schächten zusammenfallen. Mittels der Kopiernadel sticht man die Polygonpunkte des Grubenzuges durch.

§ 173. Dritter Fall. Die Verbindung zwischen Tage- und Grubenzug findet nur durch **einen** Schacht statt.

Ist der Schacht seiger und das Nebengestein in der Grube nicht magnetisch, so sind zwei verschiedene Einrichtungsmethoden anwendbar. Die eine erfolgt mit Hilfe des Magneten, die zweite durch das Lotverfahren, wobei von der Tagesoberfläche mittels zweier in den Schacht gehängter Lote eine kurze Linie in die Grube übertragen wird. Das Lotverfahren ist bei magnetischem Gebirge nur allein anwendbar.

Ist der Schacht tonnlägig und enthält das Nebengestein keine ablenkenden Einschlüsse, so ist die Magnetorientierung am Platze.

Ist aber bei einem tonnlägigen Schachte für die Magnetorientierung das Nebengestein nicht geeignet, so muß die Einrichtung durch einen Polygonzug in die Grube übertragen werden (vergl. § 171).

§ 174. **Das Lotverfahren.** In den Schacht werden zwei Lote gehängt, und das Azimut und die Länge der Linie, die durch die Aufhängepunkte über Tage gegeben ist, können mit der erforderlichen Schärfe bestimmt werden, indem man diese Linie mit dem Dreiecksnetze in genaue Verbindung bringt. Schließt man die Polygonmessung in der Grube ebenfalls an die Linie AB an, welche durch die in den Punkten A und B herabhängenden seigeren Lotdrähte auch auf der Schachtsohle dargestellt wird, so kann man mit Hilfe des bekannten Azimutes der Linie AB den Grubenzug orientieren.

Die Anschlußmessung an die durch die beiden Lote dargestellte Linie geschieht durch das Anschlußdreieck ABC (Fig. 310a u. b).

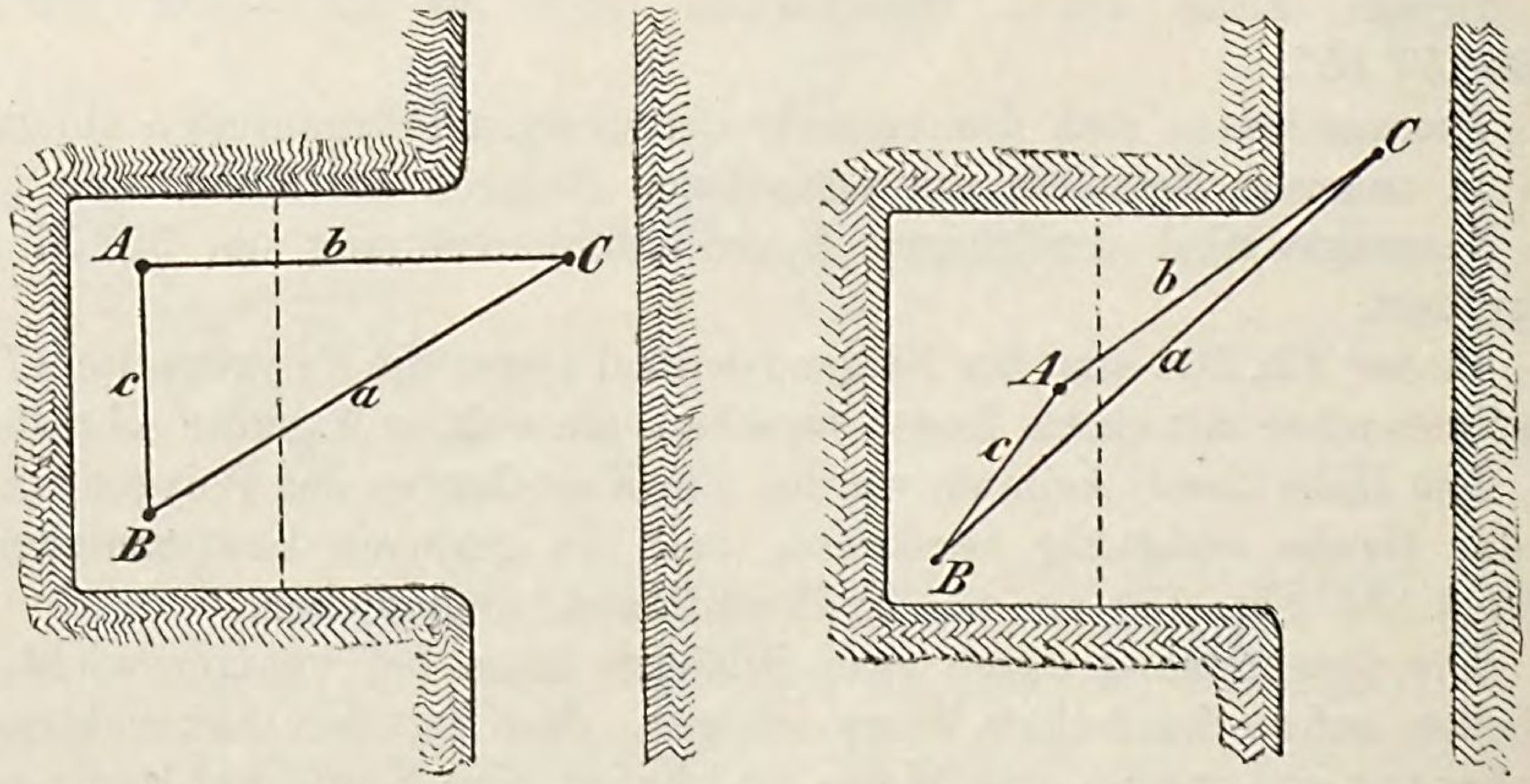


Fig. 310a u. b. Anschlußdreiecke beim Lotverfahren.

In den nachfolgenden Betrachtungen sind A und B die beiden Lotpunkte, a, b, c die den gleichnamigen Winkeln gegenüberstehenden Seiten

und C ist der Standpunkt des Theodoliten. Die Winkel A und B sind zu ermitteln. Sie heißen die Anschlußwinkel.

Diese Winkel sind aus der bekannten Länge c und den in der Grube gemessenen Seiten a und b, sowie aus dem Winkel C zu berechnen. Es kann geschehen nach dem Sinussatz:

$$\sin A = \frac{\sin C \cdot a}{c}, \quad \sin B = \frac{\sin C \cdot b}{c}.$$

In der ersten Formel ist $\sin A$ abhängig von den drei Größen C, c und a. Die Länge c kann über Tage mit hinreichender Genauigkeit gemessen werden. Die Konvergenz der Lote ist erst bei großen Tiefen zu berücksichtigen. Bei 1000 m Tiefe wird eine Länge von 2 m um 0,3 mm, eine von 4 m um 0,6 mm verkürzt.

Auf die Ermittelung des Winkels C und der Länge a ist die größte Sorgfalt zu verwenden.

Die Einwirkung eines Fehlers in der Ermittelung der beiden Größen C und a auf den Winkel A ist nun sehr verschieden. Sie ist groß, wenn die Seiten a und b nahezu gleich lang sind, wenn also das Dreieck ABC nahezu gleichschenkelig ist, am kleinsten bei einer sehr spitzwinkeligen Form des Dreieckes.

Die Sinus der Winkel nahe bei 0^0 oder 180^0 nehmen, wie ein Blick in die Logarithmentafeln lehrt, bei geringer Vergrößerung oder Verkleinerung des Winkels unverhältnismäßig zu bezw. ab, umgekehrt hat eine geringe Veränderung des Sinus einen verschwindenden Einfluß auf den zugehörigen Winkel.

Ein geringer Fehler in der Länge a hat keinen Einfluß auf die Ermittelung des Winkels A, wenn das Dreieck spitzwinkelig ist. Z. B. in dem spitzwinkeligen Dreiecke ABC (Fig. 310b) sei $AB = c = 2$ m, $BC = a = 4{,}284$ m, $\sphericalangle C = 0^0\,1'\,10''$.

Dann berechnet sich der Winkel A auf $179^0\,57'\,30''$.

Vermindert man die Seite um ein Millimeter, so daß ihre Länge $= 4{,}283$ m wird, so ist der Einfluß dieser Änderung noch nicht in den Zehntelsekunden des Winkels A zu spüren.

Um diesen Winkel um 2 Sekunden verschieden zu erhalten, müßte die Seite a um 60 mm falsch gemessen werden. Der Winkel C ist aber ebenfalls ein spitzer und da in der Formel sein Sinus und zwar im Zähler vorkommt, so wirkt ein kleiner Fehler in der Ermittelung des Winkels in vergrößertem Maßstabe. Im obigen Beispiele sei C um 20″ zu klein, also $= 0^0\,0'\,50''$ ermittelt worden, so ergiebt sich für A die Größe von $179^0\,58'\,13''$, d. h. eine Abweichung von 47″. Der Winkel C ist deshalb sehr sorgfältig zu messen.

Man wird nicht bloß den einen Winkel A, sondern auch B berechnen. Zeigt sich in der Summe der Dreieckswinkel eine geringe Abweichung gegen 180 Grad, so ist diese auf die berechneten Winkel A und B zu verteilen.

In einem nahezu gleichschenkligen Dreiecke ABC (Fig. 310a) sei $c = 2{,}0$, $b = 5{,}114$, $a = 5{,}262$ m, $\sphericalangle C = 22^0\,10'\,3''$, $\sphericalangle B = 74^0\,45'\,7''$, $\sphericalangle A = 83^0\,4'\,50''$.

Wenn hier die Seite in 5,263 übergeht, sich also nur um ein Millimeter ändert, so berechnet sich der Winkel A nach dem Sinussatze zu $83^0\,10'\,14''$, d. h. um $5'\,24''$ gegen den ersten Wert verschieden.

Man wird hiernach der spitzwinkeligen Form immer den Vorzug geben, auch wenn diese Form nur dadurch ermöglicht wird, daß man auf die im übrigen sehr wünschenswerte größere Länge von AB verzichtet.

Nötigen örtliche Verhältnisse dazu, die in diesem Falle ungünstige Form des Anschlußdreieckes zu wählen, so wird man zur Berechnung der Winkel A und B nicht den Sinussatz, sondern die Formel:

$$\operatorname{tg}\frac{A}{2} = \sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{s.(s-a)}}, \text{ worin } s = \frac{a+b+c}{2},$$

wählen, weil etwaige Fehler im Messen der Längen nicht so großen Einfluß auf die Winkel A und B ausüben, als bei Anwendung des Sinussatzes, namentlich wenn einer der beiden Winkel A und B sich einem Rechten nähert.

Es ist dabei nicht gleichgültig, ob die beiden Seiten im gleichen Sinne falsch, also entweder beide zu kurz oder zu lang gemessen werden, oder ob die eine zu lang, die andere zu kurz gemessen wird, da im letzteren Falle der schädliche Einfluß auf die zu berechnenden Winkel A und B größer sein muß, als im ersteren.

In dem nachfolgenden fingierten Zahlenbeispiele sind die Längenmeßfehler zum besseren Hervortreten des Einflusses etwas groß angenommen. Unter I sind die richtigen Seiten und Winkel eines Dreieckes ABC aufgeführt. Unter II sind die Seiten a und b in gleichem Sinne falsch um je ein Millimeter, unter III ist eine Seite unverändert gelassen, die andere um ein Millimeter falsch angenommen, und unter IV sind wieder beide Seiten a und b falsch, und zwar die eine um ein Millimeter zu kurz, die andere um ebenso viel zu lang gemacht. Darunter stehen die aus den veränderten Seiten berechneten Winkel A und B, ohne Abgleichung auf 180 Grad.

	I	II	III	IV
$a =$	5,262	5,263	5,263	5,263
$b =$	5,114	5,115	5,114	5,113
$c =$	2,000	2,000	2,000	2,000
$A =$	$83^0\ 4'\,51''$	$83^0\ 4'\,59''$	$83^0\ 6'\,38''$	$83^0\ 8'\,17''$
$B =$	$74^0\,45'\ 7''$	$74^0\,45'\,14''$	$74^0\,43'\,30''$	$74^0\,41'\,45''$
$C =$	$22^0\,10'\ 3''$			

Berechnet man den Winkel A mit den unter III gegebenen Seiten nach dem Sinussatze, so erhält man $\sphericalangle A = 83^0\,10'\,16''$, also einen noch größeren Unterschied als im Falle IV.

In einem nahezu rechtwinkeligen Dreiecke sei $a = 5{,}900$, $b = 5{,}136$, $c = 3{,}110$. Der Winkel A ist dann $87^0\,46'\,28''$.

Macht man $a = 5{,}901$ und $b = 5{,}135$, so wird $A = 87^0\,48'\,48''$. Der Fehler ist $2'\,20''$, während er im Beispiele Nr. IV im nahezu gleichschenkeligen Dreiecke unter sonst gleichen Umständen $3'\,26''$ war.

§ 175. **Die Orientierung durch zwei Anschlußdreiecke.** Nach vorstehendem erscheint es ratsam, wenn die spitzwinkelige Form des Anschlußdreieckes nicht herzustellen ist, ein Verfahren zu wählen, das nur Winkelmessungen erfordert und die Längenmessungen nach den Loten ganz überflüssig macht.

Dies wird erreicht nach Analogie der bekannten geodätischen Aufgabe von der unzugänglichen Distanz, vergl. den Aufsatz des Markscheiders Hausse in der B.- und hüttenm. Zeit. 1874, Nr. 42.

Stellt man nämlich den Theodoliten nicht bloß in C, sondern noch in D auf und mißt die Winkel α, β, γ und δ, sowie die Länge CD, so lassen sich die Winkel ψ und φ und die Anschlußlinien AC und BD berechnen.

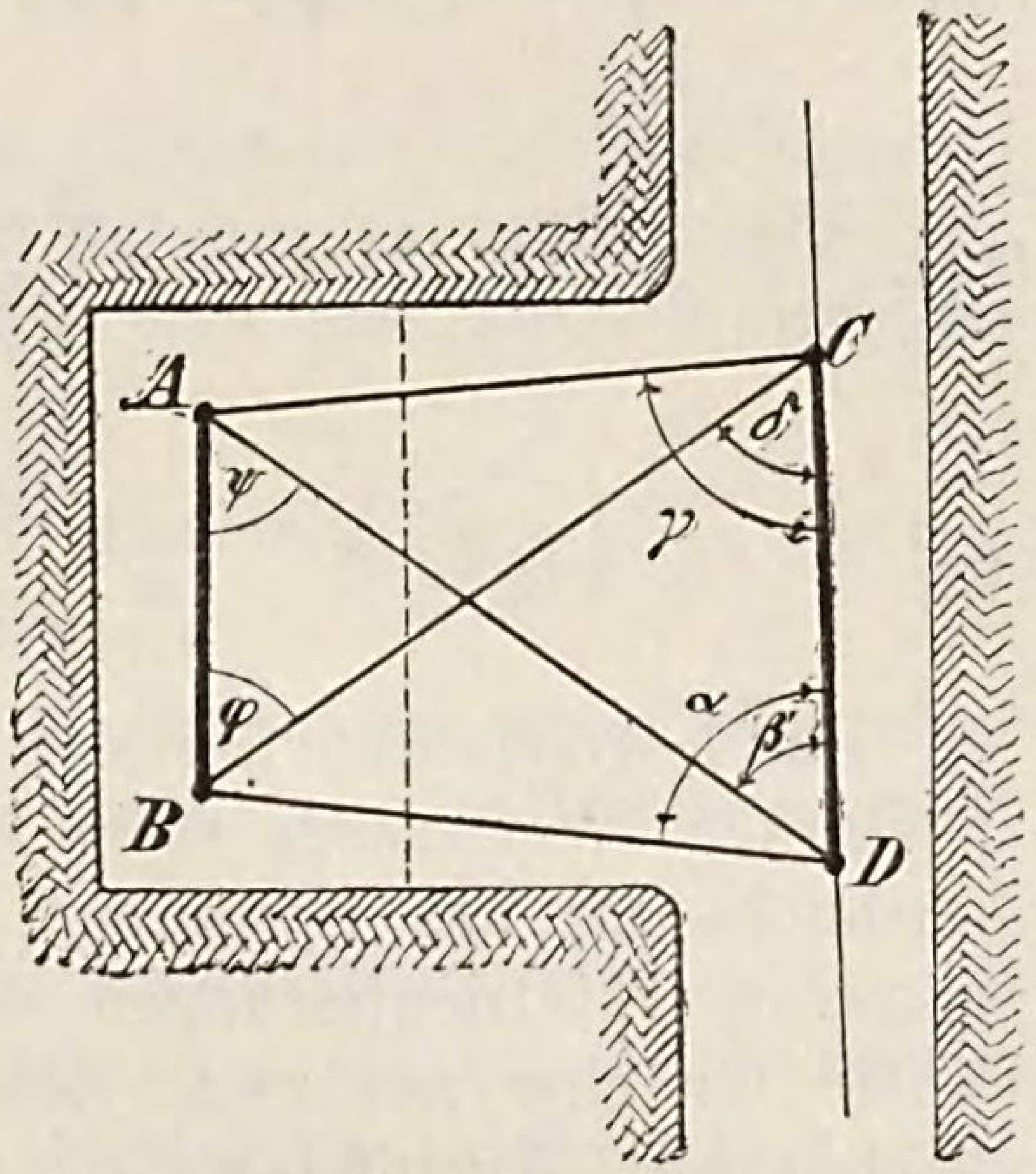


Fig. 311. Anschluß durch zwei Dreiecke.

$$\frac{\psi + \varphi}{2} = \frac{\beta + \delta}{2}$$

(1) $$\frac{CD}{BD} = \frac{\sin(\alpha + \delta)}{\sin\delta} \quad \text{daraus } BD = \frac{CD \sin\delta}{\sin(\alpha + \delta)}$$

(2) $$\frac{BD}{AB} = \frac{\sin\psi}{\sin(\alpha - \beta)} \quad \text{daraus } BD = \frac{AB \sin\psi}{\sin(\alpha - \beta)}$$

Aus (1) und (2) folgt (3) $$\frac{CD}{AB} = \frac{\sin\psi \sin(\alpha + \delta)}{\sin\delta \sin(\alpha - \beta)}$$

(4) $$\frac{CD}{AC} = \frac{\sin(\gamma + \beta)}{\sin\beta} \quad \text{daraus } AC = \frac{CD \sin\beta}{\sin(\gamma + \beta)}$$

(5) $$\frac{AC}{AB} = \frac{\sin\varphi}{\sin(\gamma - \delta)} \quad \text{daraus } AC = \frac{AB \sin\varphi}{\sin(\gamma - \delta)}$$

Aus (4) und (5) folgt (6) $$\frac{CD}{AB} = \frac{\sin\varphi \sin(\gamma + \beta)}{\sin\beta \sin(\gamma - \delta)}$$

Die Werte aus (3) und (6) gleichgesetzt und nach den Unbekannten entwickelt giebt:

(7) $$\frac{\sin\psi}{\sin\varphi} = \frac{\sin(\gamma + \beta)\sin(\alpha - \beta)\sin\delta}{\sin(\alpha + \delta)\sin(\gamma - \delta)\sin\beta}$$

Setzt man die rechte Seite der Gleichung (7) gleich der Tangente eines Hilfswinkels v, so ist $\operatorname{tg} v = \frac{\sin\psi}{\sin\varphi} = \frac{\sin(\gamma+\beta)\sin(\alpha-\beta)\sin\delta}{\sin(\alpha+\delta)\sin(\gamma-\delta)\sin\beta}$ (8)

Daraus kann man bilden:

$$(9) \qquad 1 + \operatorname{tg} v = 1 + \frac{\sin\psi}{\sin\varphi},$$

$$(10) \qquad 1 - \operatorname{tg} v = 1 - \frac{\sin\psi}{\sin\varphi},$$

$$\frac{(9)}{(10)} \qquad = \frac{1+\operatorname{tg} v}{1-\operatorname{tg} v} = \frac{\sin\varphi + \sin\psi}{\sin\varphi - \sin\psi} = \frac{2\sin\frac{\varphi+\psi}{2}\cos\frac{\varphi-\psi}{2}}{2\cos\frac{\varphi+\psi}{2}\sin\frac{\varphi-\psi}{2}}$$

$$(12) \qquad \operatorname{tg}(45^0 + v) = \frac{\operatorname{tg}\frac{\varphi+\psi}{2}}{\operatorname{tg}\frac{\varphi-\psi}{2}}$$

$$(13) \qquad \operatorname{tg}\frac{\varphi-\psi}{2} = \frac{\operatorname{tg}\frac{\varphi+\psi}{2}}{\operatorname{tg}(45^0+v)} = \operatorname{tg}\frac{\varphi+\psi}{2}\operatorname{cotg}(45^0+v)$$

Das Lotverfahren hat sich bei sorgfältiger Ausführung und in nicht zu starkem Wetterzuge stets bewährt. Professor Schmidt teilt in dem Jahrbuche für das Königreich Sachsen auf das Jahr 1887 die Ergebnisse von 37 Orientierungen nach der Lotmethode mit. Der mittlere Fehler für eine aus zwei Lotungen abgeleitete Orientierung ist rund gleich einer Bogenminute.

Zahlreiche anderweitig uns bekannte Ergebnisse des Lotverfahrens bestätigen im allgemeinen die Größe dieses mittleren Fehlers.

§ 176. **Die Schachtlotungen.** Bei Ausführung der vorstehenden Orientierungsmessungen sind Lote an Lotdrähten in den Schacht zu hängen und die Lotdrähte mit dem Theodolitfernrohre anzuzielen.

Zum Aufhängen der Lotkörper bedient man sich eines Drahtes von 0,4 mm Stärke aus Eisen oder Messing. Hanfschnüre sind hierzu ganz untauglich. Geglühter Messingdraht ist dem eisernen vorzuziehen, weil der erstere die erforderlichen Eigenschaften des Lotdrahtes in erhöhtem Maße besitzt. Diese Eigenschaften sind geringe Steifigkeit, so daß der Draht sich leicht auf eine Rolle wickeln und auch wieder straff ziehen läßt, und wenig Neigung zum Oxydieren.

Ein etwaiges nachträgliches Längen des Drahtes schadet nichts, da die Schachttiefen nicht zu messen sind.

Die Gewichte der Lote betragen für solche Drähte fünf bis acht Pfund. Diese werden aber nicht gleich beim Einlassen des Drahtes angehängt, sondern kleinere Gewichte oder leichte Gefäße, die mit Sand oder Wasser gefüllt sind, damit bei dem etwaigen Reißen des Drahtes

während des Einlassens durch das schwere Gewicht kein Schaden herbeigeführt wird. Auf der Schachtsohle lassen sich die Gewichte leicht umwechseln.

Die Lote müssen vollständig freihängen und dürfen nirgends anliegen.

Sind Bedenken in dieser Hinsicht vorhanden, so muß der Markscheider den Schacht befahren und vom Fahrschachte aus den Lotdraht von der Hängebank bis zur Schachtsohle beobachten.

Bei reiner Schachtluft und mäßiger Tiefe beobachtet man ein Grubenlicht, das auf der Schachtsohle rings um den Lotkörper herumgeführt wird. Sieht das über dem Lotpunkte befindliche Auge stets das Licht, so hängt der Lotdraht frei.

Man kann auch aus der Länge l des Lotdrahtes die Schwingungsdauer t des Lotkörpers berechnen und mit der beobachteten vergleichen. Aus einer Unstimmigkeit beider Zeitgrößen wird man auf ein Anliegen des Lotfadens schließen.

Die Berechnung erfolgt nach der Formel $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, worin $g = 9{,}809$ ist.

Das Anzielen der Lotdrähte ist bei den Messungen über Tage ohne Schwierigkeiten auszuführen, da das oberste Stück des Drahtes unbeweglich ist.

In der Grube dagegen muß man die Lotdrähte an dem untersten Ende anzielen, und hier bilden die Schwingungen des Lotes ein Hindernis.

Die Pendelschwingungen werden entweder beseitigt oder unschädlich gemacht.

Zur Beseitigung der Schwingungen tauchte man zunächst die Lote in Gefäße voll Wasser, wodurch man den Zweck aber nur unvollkommen erreichte, da die Schwingungen nur kleiner und langsamer wurden, aber nicht ganz verschwanden.

Eine vollständige Beruhigung des Lotes tritt erst ein, wenn man nach dem Vorschlage des Markscheiders Herrig die Lote mit Schaufelrädern umgiebt, von denen Fig. 312 eine Darstellung giebt.

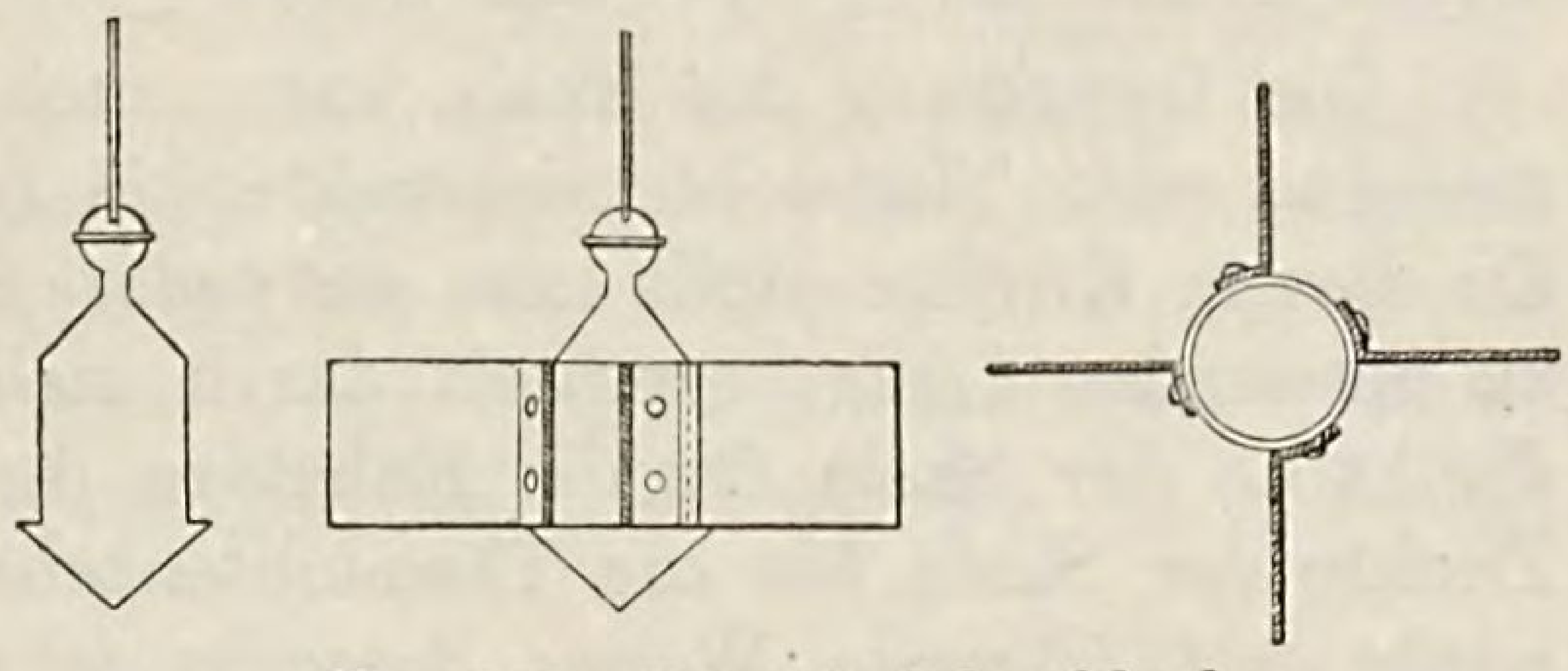


Fig. 312. Lot mit Schaufelrad.

Im Saarreviere hat man Quecksilber angewendet, in das ein Stück des sehr schweren Lotes eingetaucht wurde. Sichere Angaben über den Erfolg sind mir nicht bekannt, jedenfalls ist aber das Verfahren kostspielig, sodann wegen der leichten Verflüchtigung des Quecksilbers gefährlich und wegen des immer vorhandenen Auftriebes, dem das eingetauchte Lot ausgesetzt ist, nicht ganz einwandfrei.

§ 177. **Die Schwingungen werden unschädlich gemacht** durch die vom Professor Schmidt vorgeschlagenen Verfahrungsweisen. Die Lote werden an stärkeren Drähten (bis 1 mm Durchmesser) aufgehängt und deren Gewichte schwerer genommen (bis zu 25 kg). Sie werden nicht in Wasser eingetaucht, sondern sie schwingen frei.

Nahe über der Schachtsohle wird in entsprechender Höhe hinter dem Lotdrahte eine horizontale Millimeterskala rechtwinkelig zur Sehachse des Fernrohres angebracht. Mit dem Fernrohre des Theodoliten werden sodann die schwingenden Lotdrähte beobachtet und die aufeinanderfolgenden äußersten Grenzstellungen abgelesen und aufgeschrieben.

Man sorgt dafür, daß die Schwingungen nahezu parallel der Skalenfläche verlaufen. Lange Lote schwingen langsam und bei der Umkehrung kann mit großer Schärfe abgelesen werden, da hier der Draht einen Augenblick still steht. Man liest einmal am linken, das nächste Mal am rechten Rande des Drahtes ab. Die Beleuchtung der Skala geschieht mit einem gewöhnlichen Grubenlichte.

Aus einer oder mehreren Reihen solcher Doppelbeobachtungen wird die mittlere Ruhelage des Lotes auf der Skala berechnet und das Fadenkreuz des Fernrohres behufs Ausführung der Winkelmessung auf diesen berechneten Punkt eingestellt.

Die Berechnung der Ruhelage des Drahtes ist genau, wenn die Schwingungen rechtwinkelig zur Sehachse verlaufen. Professor Schmidt findet aus zwei Versuchen, von denen der eine in einer Teufe von 170 m unter günstigen Verhältnissen, der andere in 525 m Teufe unter ungünstigen Verhältnissen ausgeführt wurde, den mittleren Fehler einer Beobachtungsreihe = ± 0,32 mm und den mittleren Fehler des Ergebnisses einer Doppelreihe = ± 0,21, für ungünstige Verhältnisse denselben Fehler zu ± 0,44 mm bezw. ± 0,31 mm.

Die Benutzung der Skala kann auch die Ausführung der Längenmessung vom Theodolitstandpunkte bis zu dem Lote sehr erleichtern. Zu diesem Zwecke stellt man entweder die Skala in die Richtung der zu messenden Linie, ermittelt durch mehrere Beobachtungsreihen den Punkt an der Skala für die Ruhelage des Lotes und mißt von diesem Punkte der Skala bis zur Theodolitenachse, oder man fixiert den Lotpunkt auf folgende Weise: dasselbe schwingende Lot wird von zwei Punkten aus beobachtet, so daß die beiden Ziellinien sich unter einem für Festlegung des Schnittpunktes günstigen Winkel kreuzen.

Wird in der Richtung der einen Ziellinie ein Draht ausgespannt und an diesem der Kreuzungspunkt der zweiten Zielrichtung durch einen umgeschlungenen Zwirnsfaden bezeichnet, so ist der Lotpunkt mit hinreichender Schärfe festgelegt, um die Längenmessung mit Sicherheit ausführen zu können.

§ 178. Die Schmidtschen Lotteller. Mittels einer einfachen Vorrichtung des Professor Schmidt lassen sich die Lotdrähte in der Ruhelage festhalten.

Auf einem in der Mitte durchlochten gußeisernen Teller *T* (Fig. 313a u. b) läßt sich ein Mittelstück *M*, das äußerlich einer abgestumpften Pyramide gleicht, durch vier Schrauben *S* in zwei zu einander rechtwinkeligen Richtungen verschieben. Über den Schrauben sind zwei 100 mm lange um die Aufsteckzapfen drehbare Skalen angebracht. Das abnehmbare Mittelstück ist in der Mitte senkrecht durchbohrt und die Durchbohrung ist oben mit einem Schraubengewinde versehen, in das die Schraube *K* paßt. Die Schraube ist in ihrer Längsachse durchbohrt und durch dieses feine Loch wird vor Beginn der Messung der Lotdraht gezogen. Das Mittelstück *M* ist ferner an einer Stelle von der Seite bis zur Mitte eingeschnitten, so daß man den Lotdraht durch diese Spalte hindurchführen kann.

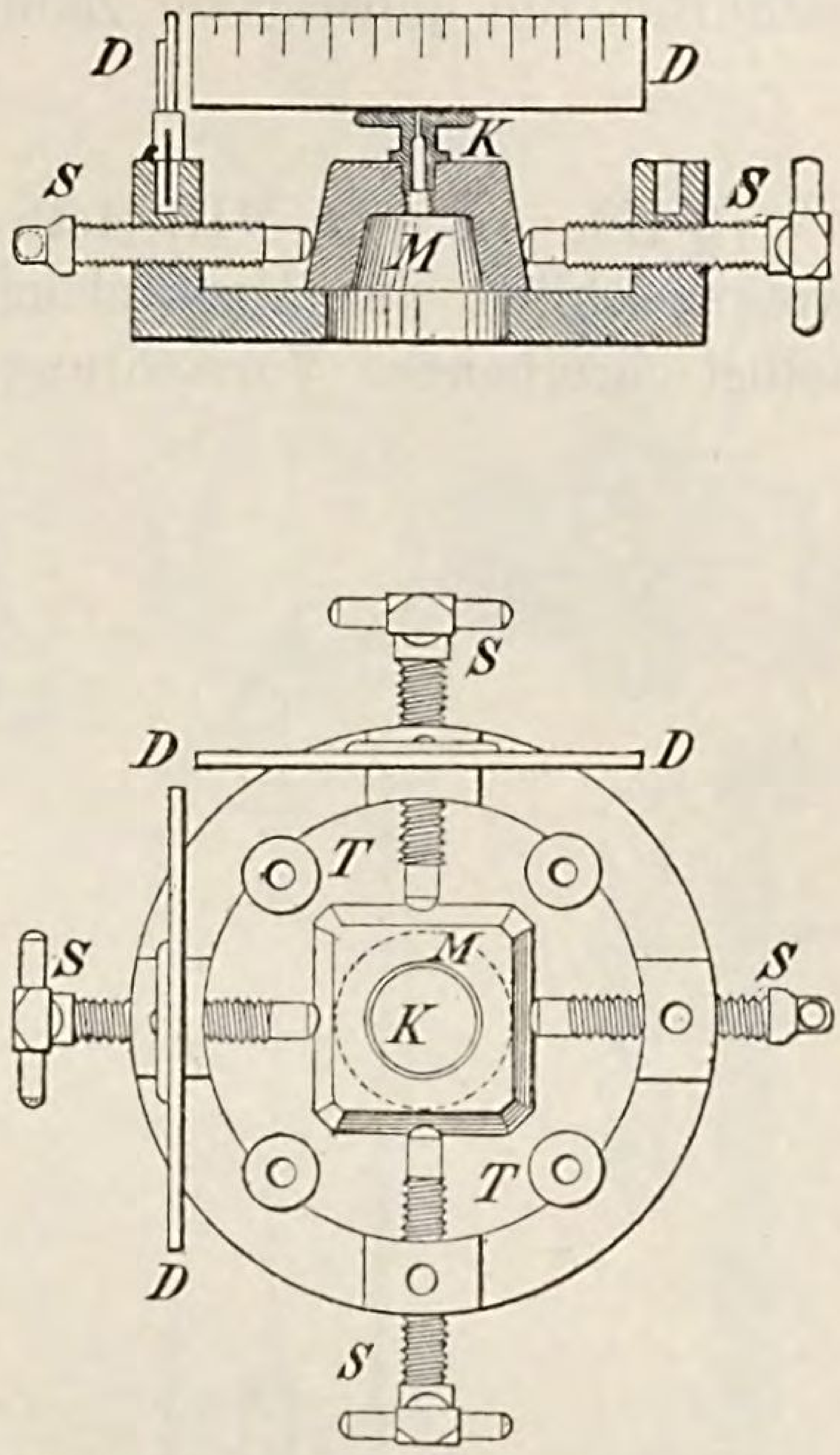


Fig. 313a u. b. Zentrierapparat für Schachtlotungen von Schmidt.

Bei der Ausführung der Lotung werden die Teller *T* ohne das Mittelstück *M* mit Schrauben auf starken durchlochten Spreizen derartig befestigt, daß sie horizontal sind, daß der Lotdraht möglichst zentrisch in der Öffnung des Tellers hängt und kleine Schwingungen ungehindert ausführen kann, und endlich, daß das eine Paar der Schrauben *S* in der Richtung des Theodolitfernrohres, das andere Paar in der eines zweiten kleinen Beobachtungsfernrohres mit kurzer Sehweite sich befindet. Mit diesem kleinen Fernrohre und mit dem des Theodoliten beobachtet man auf bekannte Weise die Schwingungen des Lotes auf den dahinterstehenden scharf beleuchteten Skalen und berechnet für beide Richtungen die Ruhelage des Lotes.

Hierauf schiebt man die Schraube *K* am Lotdraht hoch über den Teller hinaus, führt den Draht durch den Spalt bis in die senkrechte Durchbohrung des Mittelstückes *M*, setzt dieses auf den Teller und schraubt endlich die Schraube *K* in das Mittelstück, wie Fig. 313a zeigt.

Mittels der beiden Fernröhre und der Schrauben *S* kann nun das Mittelstück in eine solche Lage gebracht werden, daß der Lotdraht in beiden Sehlinien in der berechneten Ruhelage sich befindet.

Anstatt den Lotdraht selbst zu fixieren, könnte man auch auf dem

Mittelstücke M einen feinen Stift senkrecht befestigen und diesen auf gleiche Weise in die berechnete Ruhelage des Lotes schieben.

Die fixierten Lote gestatten ein genaues Messen der Längen a und b, sowie des Winkels C. In der oben erwähnten Zusammenstellung der Ergebnisse von Lotorientierungen zeigen die mit fixierten Loten ausgeführten die günstigsten Zahlenwerte.

§ 179. In dem VII. Hefte der Mitteilungen aus dem Markscheiderwesen schlägt der Markscheider Veith vor mit Hilfe einer einfachen selbstschreibenden Vorrichtung den Lotpunkt auf eine horizontale Papierfläche zeichnerisch aufzutragen.

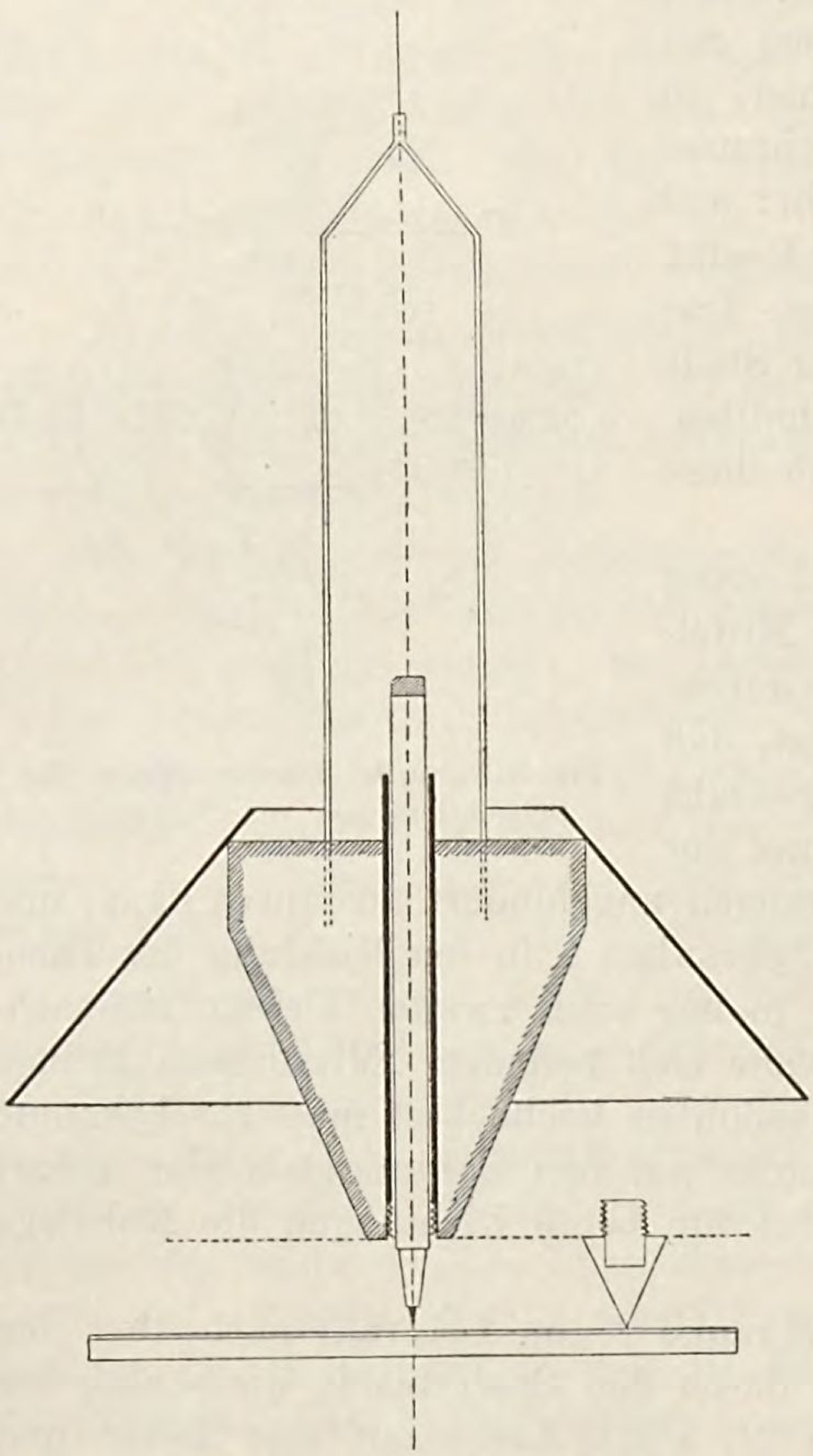

Fig. 314. Lot mit Zeichenstift.

Fig. 314 zeigt das an den Rändern schraffierte Lot, in dessen Mittellinie genau zentrisch eine Röhre (in der Figur schwarz) eingesetzt ist. In der Röhre steckt ein leicht verschiebbarer Bleistift, der oben etwas beschwert ist. Unter der Spitze des Lotes ist eine mit starkem Papier überzogene Holzplatte horizontal und in solcher Höhe befestigt, daß die Spitze des Bleistiftes beim Schwingen des Lotes eine kurze Linie der Schwingungsebene entsprechend aufzeichnet. Nach mehrmaliger Änderung der Schwingungsrichtung erhält man nach der Angabe des Erfinders ein Ergebnis, das allen Anforderungen zur Bestimmung des Lotpunktes für markscheiderische Messungen genügen dürfte.

Zum Schutze der Papierfläche gegen Tropfwasser ist ein Blechschirm auf das Lot aufgesetzt. Das Lot kann nach Entfernung des Bleistiftes und nach Wegnahme des Schirmes durch Einschrauben der danebengezeichneten Spitze zu anderen Zwecken verwendbar gemacht werden.

§ 180. Lotinstrument von Nagel. Außer dem Lote giebt es noch zwei andere Mittel, einen Punkt senkrecht in die Teufe zu fällen, nämlich die Oberfläche einer in Ruhe befindlichen Flüssigkeit und die Libelle.

Die beiden letzten Hilfsmittel geben unmittelbar nur eine horizontale Ebene oder Richtung an, sie sind also mit solchen Vorrichtungen zu verbinden, daß mit ihrer Hilfe auf der dargestellten Ebene ein Perpendikel errichtet werden kann.

Professor Viertel hat zuerst den Vorschlag gemacht, das Fernrohr eines exzentrischen Theodoliten wie ein Passagerohr unter Anwendung eines künstlichen Horizontes senkrecht zu stellen und durch eine Visur den Lotpunkt auf der Schachtsohle zu bestimmen.

Der Theodolit ist aber für diese Operation zu leicht gebaut und außerdem ist es schwierig, das Fernrohr zu zentrieren.

Prof. A. Nagel in Dresden hat ein Instrument konstruiert, welches die Anwendung sowohl des einen, als auch des anderen Hilfsmittels gestattet und mit großer Schärfe über dem Schachte zentriert werden kann.

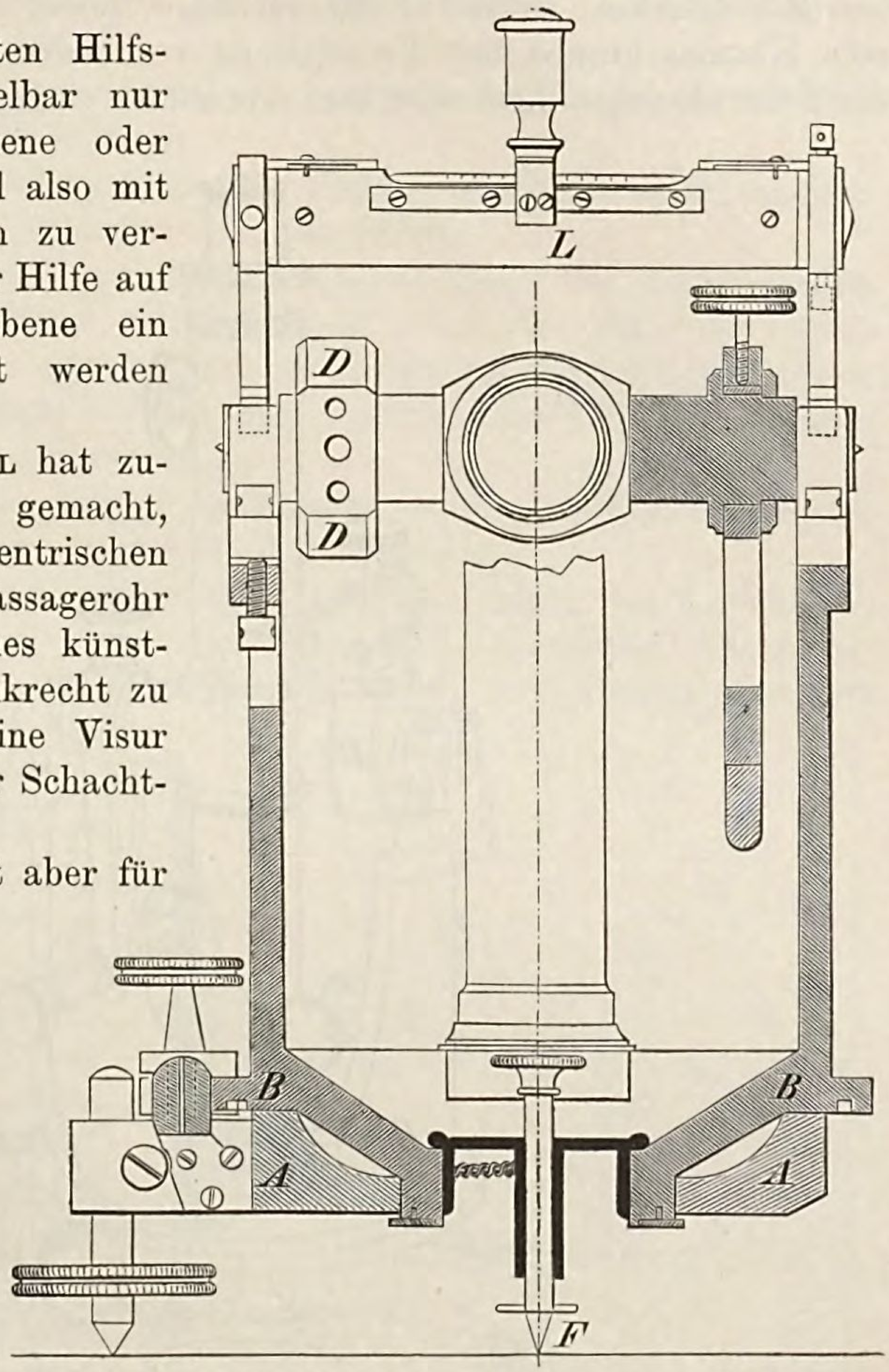


Fig. 315. Lotinstrument von Nagel. Querschnitt.

Dasselbe ist ein kleines transportables Passageinstrument, von welchem Fig. 315 eine geometrische Querschnittzeichnung und Fig. 316 eine perspektivische Ansicht giebt.

Der mit Horizontalschrauben versehene Fuß besteht aus dem Körper A, welcher in der Mitte eine zylinderische Durchbohrung hat. In dem Fuße dreht sich um eine senkrechte Achse der obere Teil B, welcher unten vollständig zylinderisch ist, nach oben aber in zwei Fernrohrträger sich

verjüngt, so daß freier Raum zum Kippen des Fernrohres in einer Seigerebene vorhanden ist. Eines des Fernrohrlager ist auf bekannte Weise zum Berichtigen eingerichtet, und für die horizontale Drehung des Mittelstückes, sowie für die vertikale Bewegung des Fernrohres ist eine Klemmschraube mit Feinstellung verbunden. Zur Horizontierung der Fernrohrachse dient eine zum Abnehmen eingerichtete Reiterlibelle *L*

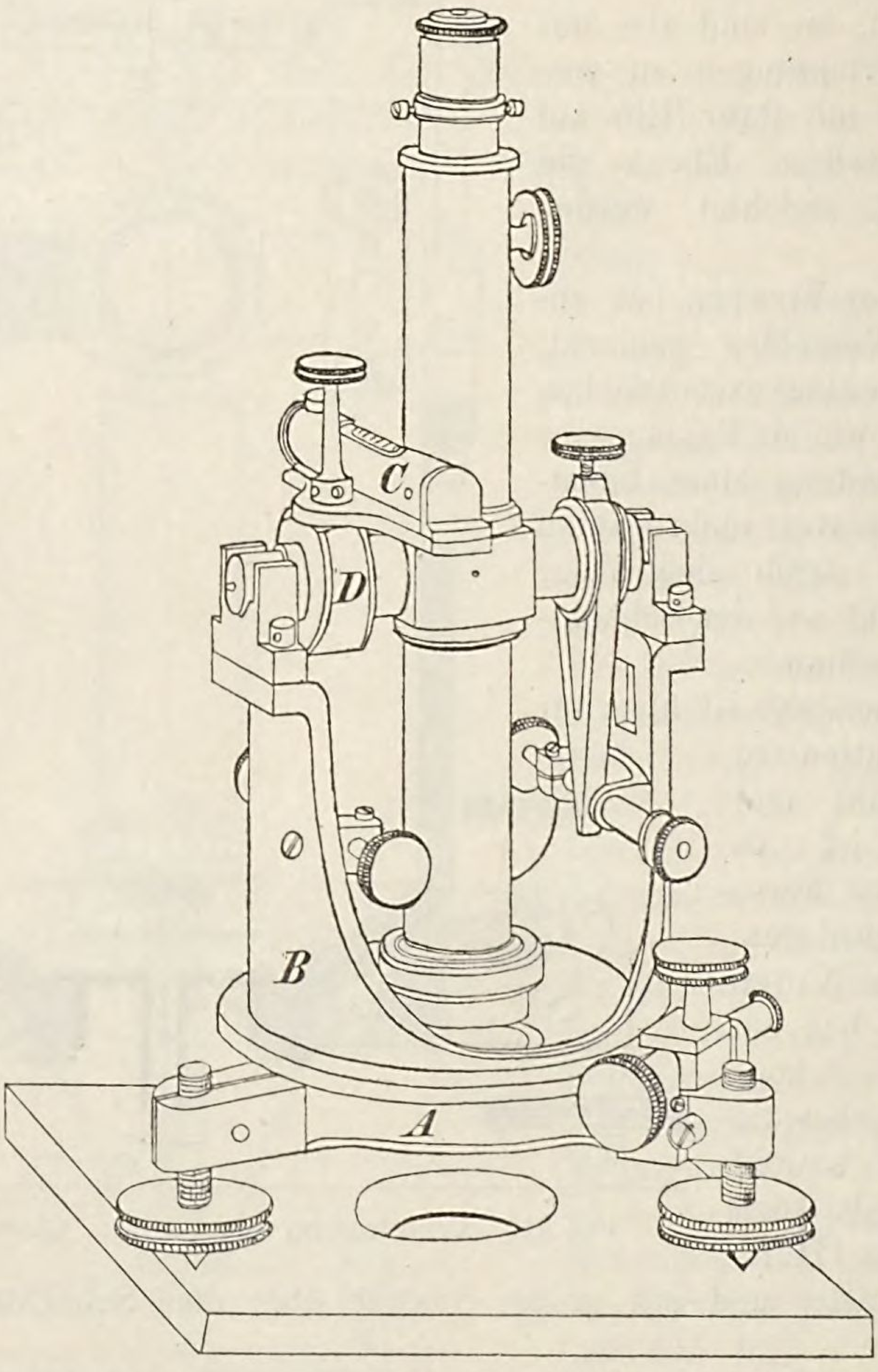


Fig. 316. Lotinstrument von NAGEL. Perspektivische Ansicht.

(Fig. 315) von 6″ Empfindlichkeit, eine zweite Libelle *C* von 7″ Empfindlichkeit (Fig. 316), welche bei senkrechtem Stande des Rohres auf eine oben abgeplattete Verstärkung *D* der Fernrohrachse aufgeschraubt und mittels zweier Führungsstifte so gerichtet wird, daß die Libellenachse rechtwinkelig zur vertikalen Fernrohrachse steht.

Zur genauen Zentrierung des Apparates dient der Zentrierstift *F*, dessen Führung in einem Hohlzylinder besteht, welcher, wie aus der Fig. 315 zu ersehen, in die zentrale Bohrung des Fußstückes *A* eingesetzt und nach erfolgter Zentrierung wieder herausgenommen werden kann.

Die Prüfung und Berichtigung des Instrumentes ist im wesentlichen dieselbe, wie die des Theodoliten.

Um aber alle zurückgebliebenen Fehler unschädlich zu machen, werden symmetrische Beobachtungen ausgeführt.

Nachdem das berichtigte Instrument mit Hilfe des Zentrierstiftes zentrisch über dem Schachte aufgestellt ist, wird das Fernrohr mittels der Libelle *C* senkrecht gestellt und der Zielpunkt auf der Schachtsohle fixiert, sodann das Mittelstück mit dem Fernrohr um 180 Grad gedreht und eine zweite Visur ausgeführt.

Zwei solche Visuren werden außerdem noch in der Ebene gemacht, welche gegen die erstere um 90 Grad gedreht ist.

Bei jeder der vier Fernrohrlagen darf aber nicht der Kreuzpunkt des Fadenkreuzes projiziert, sondern es muß die Projektion des rechtwinkelig zur Libelle befindlichen Fadens durch zwei Punkte markiert werden. Der Schnittpunkt der Mittellinien, welche zwischen jedes Paar der erhaltenen Parallellinien gezogen werden können, ist der Lotpunkt.

Dieses Verfahren wird erleichtert durch eine Schiebevorrichtung (Fig. 317), mit Hilfe deren eine kleine weiße Platte mit eingerissenem schwarzen Kreuz sich in zwei aufeinander rechtwinkelig stehenden Richtungen verschieben läßt. Die Platte ist an zwei Kanten mit einem Nonius versehen, von denen jeder an einer Skala entlang geschoben werden kann und jede Verschiebung bis auf $^1/_{10}$ mm angiebt. Außerdem ist das starke weiß lackierte Blech, auf welchem die Schiebevorrichtung befestigt ist, mit zwei Randmarken 1, 2 und 3, 4 versehen, welche die beiden rechtwinkelig aufeinanderstehenden Bewegungsrichtungen bezeichnen.

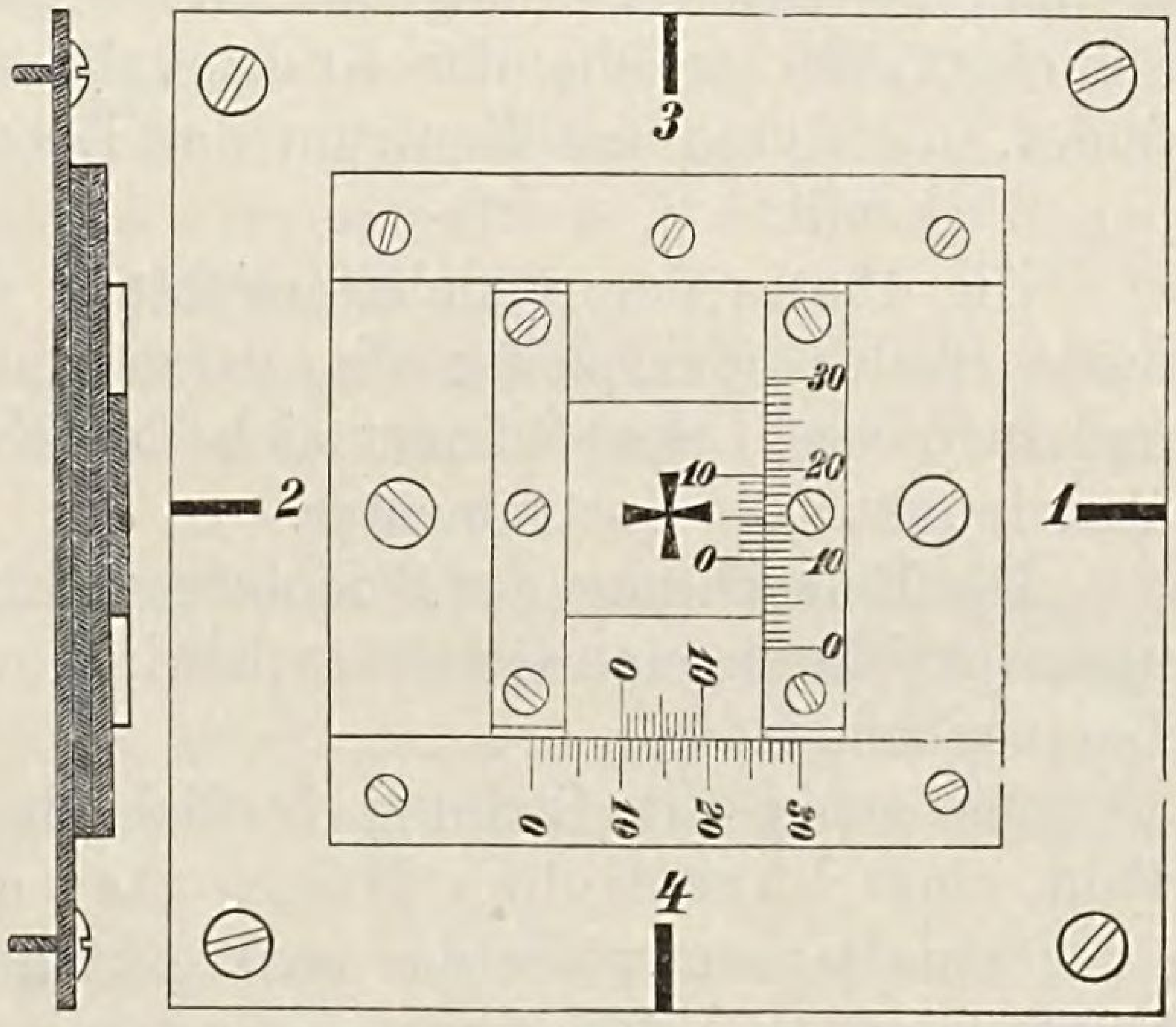


Fig. 317. Schiebevorrichtung, zum Lotinstrument von NAGEL gehörig.

Das Fernrohr des zentrierten Lotinstrumentes wird bei einspielender Libelle so auf diese Schiebevorrichtung gerichtet und soweit um die vertikale Achse gedreht, daß der rechtwinkelig zur Libelle stehende

Kreuzfaden (der andere wird, wie beim Nivellieren, wenig beachtet) auf zwei gegenüberstehende Randmarken, z. B. 1, 2 einsteht oder mit ihrer Verbindungslinie parallel ist.

Nachdem nochmals die Libelle genau eingestellt worden ist, wird das Mittelstück der Schiebevorrichtung mit dem Kreuz so lange in der Richtung 3, 4 verschoben, bis dasselbe von dem zur Libellenachse rechtwinkeligen Kreuzfaden gedeckt wird. Alsdann erfolgt die Ablesung an der Skala in der Richtung, in welcher die Verschiebung stattfand. Nach einer darauf vorgenommenen Drehung des Instrumentes um 180 Grad liegt derselbe Faden wieder parallel zu 1, 2 und es wird das Kreuz abermals in der Richtung 3, 4 eingestellt und diese Stellung an der Skala abgelesen. Das arithmetische Mittel aus beiden Ablesungen giebt diejenige Stellung des Schiebers an der Skala, für welche der Mittelpunkt des Kreuzes in einer zu 1, 2 parallelen Vertikalebene durch den Mittelpunkt des Lotinstrumentes geht.

Sodann dreht man das Instrument um 90 Grad, so daß der betreffende Kreuzfaden mit der Markenlinie 3, 4 parallel wird und bringt in dieser Stellung, sowie nach einer Drehung des Mittelstückes um 180 Grad, das Kreuz zur Deckung mit dem mehrfach genannten Faden. Durch das Mittel aus beiden Ablesungen erhält man die Stellung des Schiebers, für welche der Kreuzpunkt sich in einer Vertikalebene befindet, die durch das Zentrum des Lotapparates geht und parallel mit der Markenlinie 3, 4 ist.

Die Platte der Schiebevorrichtung läßt sich nun so stellen, daß beide Skalen gleichzeitig die gefundenen mittleren Ablesungen geben, und in dieser Lage befindet sich der Kreuzpunkt senkrecht unter dem Mittelpunkte des Instrumentes.

Die Beleuchtung der Schiebevorrichtung muß eine sehr kräftige sein und wird durch eine Glaslinse bewirkt, in deren Brennpunkte sich eine Lampe befindet.

Die senkrechte Stellung der Sehachse des Fernrohrs kann auch mit Hilfe eines künstlichen Horizontes erreicht werden.

Schiebt man unter das senkrecht gestellte Fernrohr eine Schale mit Quecksilber, so erblickt man bei gehöriger Beleuchtung des Fadenkreuzes außer diesem selbst auch das im künstlichen Horizont erzeugte Spiegelbild desselben.

Bringt man beide Fadenkreuzbilder zur Deckung, so ist die Sehachse des Fernrohrs genau senkrecht gerichtet und man kann nach Wegnahme des Horizontes durch eine einzige Visur den Lotpunkt bestimmen. Um aber die Fehler zu vermeiden, welche durch die Exzentrizität des Fernrohrs entstehen, wird man eine zweite Visur ausführen, nachdem das Mittelstück des Instrumentes um 180 Grad gedreht worden ist. Die Mitte zwischen beiden gefundenen Punkten ist dann der richtige Seigerpunkt.

Professor Nagel empfiehlt indes die Anwendung des künstlichen Horizontes nicht, da er die ganze Operation nicht allein umständlicher, unbequemer und aufhältlicher, sondern auch unsicherer gefunden hat, als mit der Libelle.

Mit seinem Instrumente bei alleiniger Benutzung der Libelle hat Nagel in einem 132 m tiefen Schachte Versuche angestellt und daraus den mittleren Fehler des Lotpunktes zu ± 0,6 mm für eine Doppelbeobachtung, und zu ± 0,27 mm für den Mittelwert einer aus fünf Doppelbeobachtungen bestehenden Reihe gefunden. Letzterer Wert würde einem Richtungsfehler bei einer 2 m langen Anschlußlinie von 40 Sekunden ergeben.

Ein anderweitiger, von dem Professor Schmidt mitgeteilter Versuch des Herrn Suski in Kladnow wurde in einem 520 m tiefen Schachte und zwar einmal in zwei Absätzen, das zweite Mal in der ganzen Tiefe ausgeführt. Das benutzte Instrument war dem Nagelschen gleich, nur die Libelle besaß eine Empfindlichkeit von einer Sekunde.

Der mittlere Fehler aus fünf Beobachtungsreihen ergiebt sich für beide Suskische Lotungen gleichmäßig auf 0,557 mm.

Der Lotungsfehler wächst bei dem Nagelschen Verfahren proportional der Lotungstiefe und da derselbe fast allein von der Libelle und der davon gemachten Ablesung abhängt, so muß die Empfindlichkeit derselben mit der Lottiefe wachsen, d. h. für tiefere Schächte ist eine Libelle mit größerem Krümmungsradius zu verwenden.

Das größte Hindernis für die Anwendung der Methode wird die mit der Schachttiefe abnehmende Durchsichtigkeit der Luft sein, wozu bei ausziehenden Schächten die mitgeführten Rauch- und Staubteile hauptsächlich beitragen.

Die wenigen bisher gemachten Versuche haben zwar sehr befriedigende Ergebnisse geliefert, aber trotzdem ist zu bezweifeln, daß das Lotungsinstrument sich allgemein bei den Markscheidern einbürgern wird, da dasselbe kostspielig (500 M.) und seine Anwendung mit Schwierigkeiten verknüpft ist.

Das Verfahren des Professors Schmidt nach schwingenden Loten den Lotpunkt zu fixiereren und das Beruhigen eines Lotes durch angesetzte Flügel, hat den entschiedenen Vorzug der leichteren Ausführung, der billigen Hilfsapparate und mindestens der gleichen Sicherheit.

§ 181. Die Magnetorientierung. Die zweite Methode der Einrichtung oder Orientierung eines Grubenzuges, der nur durch einen Schacht mit der Tagesoberfläche in Verbindung steht, beruht bei nicht magnetischem Gebirge auf der Anwendung eines Magneten. Der Anschluß erfolgt durch ein Lot im seigeren Schacht, bezw. durch einen Polygonzug durch den tonnlägigen Schacht.

Das Verfahren der Orientierung mittels des Magneten ist in seinen Hauptzügen folgendes: Man ermittelt mit ein und demselben Instrumente das Streichen (Richtwinkel)[1] einer Dreiecksseite und einer Polygonseite in der Grube und aus dem Unterschiede der beiden Streich- oder Richtwinkel sowie aus dem bekannten Azimute der Dreiecksseite leitet man das gesuchte Azimut der Polygonseite ab.

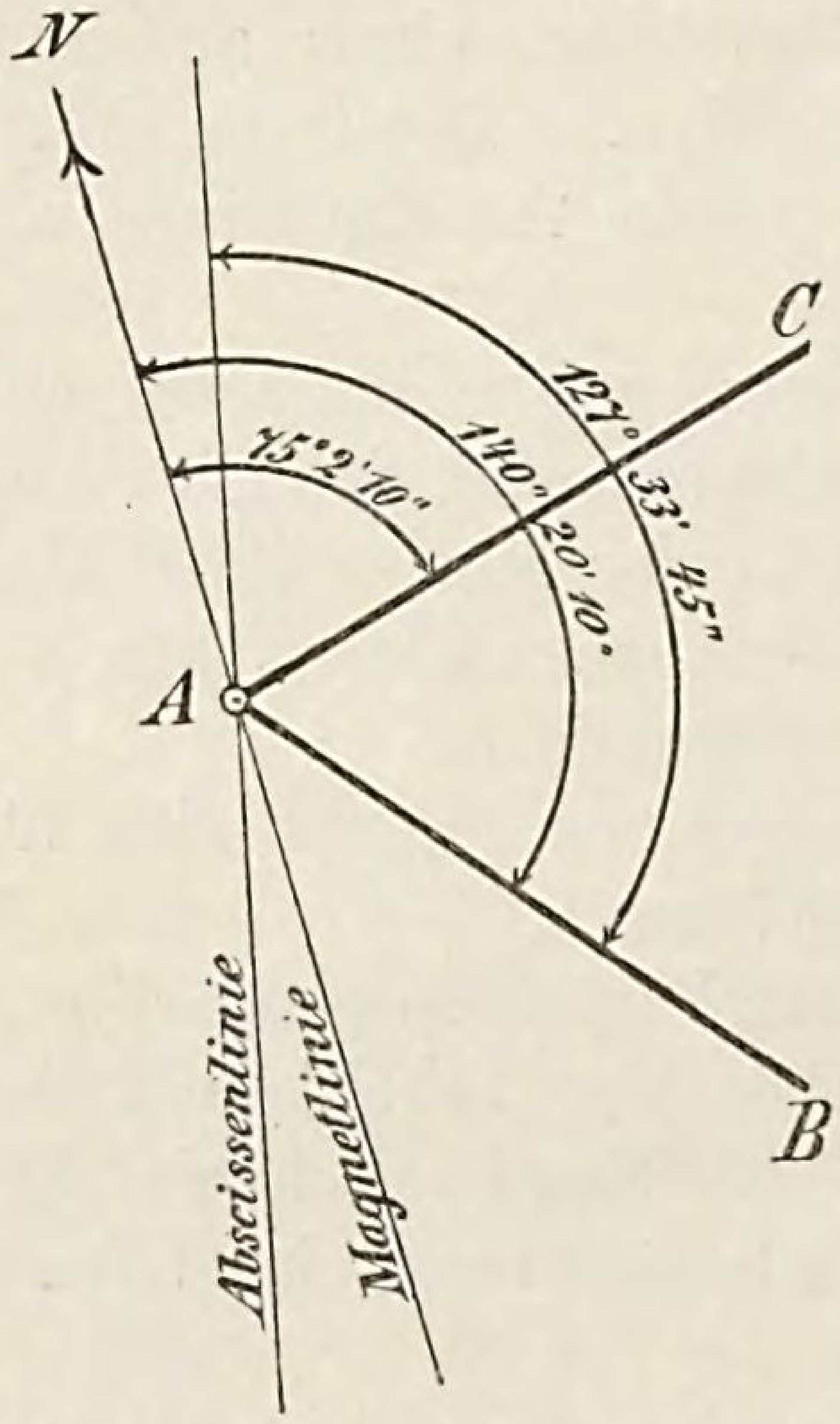


Fig. 318. Zur Theorie der Magnetorientierung.

Die Ableitung geschieht am einfachsten, wenn man sich eine Skizze entwirft, wie sie Fig. 318 zeigt. Das Streichen der Polygonseite AC sei $= 75^0\,2'\,10''$, das der Dreiecksseite $= 140^0\,20'\,10''$. Der Unterschied ist $= 65^0\,18'$. Das Azimut der Dreiecksseite AB ist $= 127^0\,33'\,45''$. Im vorliegenden Beispiel muß, wie ein Blick auf die Fig. 318 lehrt, von dem Azimute der Dreiecksseite der Unterschied der Streichwinkel abgezogen werden, um das Azimut der Polygonseite $62^0\,15'\,45'' = 127^0\,33'\,45'' - 65^0\,18'$ zu erhalten.

Zur Ausführung einer Magnetorientierung ist erstens ein Instrument erforderlich, mit dem man die Streichwinkel in hinreichender Schärfe messen kann und zweitens ein Deklinatorium, an dem die Änderungen der Magnetrichtung während der Richt- oder Streichwinkelmessung abgelesen werden können.

Die Ermittelung der beiden Richt- oder Streichwinkel geschieht mit demselben Instrumente, also der Zeit nach hintereinander, ferner muß jeder Streichwinkel auf verschiedenen Punkten und auf jedem Punkte wiederholt gemessen werden. Während dieser Zeit ändert die Magnetnadel die Richtung mehr oder weniger und diese Richtungsänderungen werden immer mit gemessen, oder was dasselbe ist: es wird ein Winkel gemessen, dessen linker Schenkel in Bewegung ist. Diese Richtungsänderungen muß man ermitteln, um sie aus den erhaltenen Winkelwerten ausscheiden zu können. Dies erreicht man durch gleichzeitige Beobachtungen an einem Deklinatorium, da in nicht allzugroßen Entfernungen die Bewegungen aller Magnetstäbe gleich sind.

§ 182. **Die Deklinatorien.** In den vollkommenen magnetischen Observatorien werden die Beobachtungen der drei magnetischen Elemente, der Deklination, der Inklination und der Intensität vorgenommen.

[1] Für einen Streichwinkel, der behufs einer Orientierung gemessen wird, ist in neuerer Zeit die Bezeichnung Richtwinkel vorgeschlagen worden.

Für markscheiderische Zwecke genügen die Beobachtungen der Deklination.

Jedes Deklinatorium zerfällt in zwei Abteilungen. In der einen werden die täglichen Änderungen, die Variationen, beobachtet, in der anderen wird die absolute Deklination bestimmt.

Die erste Abteilung ist für den Markscheider die wichtigste.

Man unterscheidet Ablesedeklinatorien und selbstschreibende. Die Ablesedeklinatorien zerfallen wieder in solche mit Spiegel und Skala und in solche mit Linse und Skala.

Ein später zu beschreibendes Instrument, das zum Messen eines Streichwinkels dient (der sogenannte Magnet-Kollimator) ist weiter nichts als ein tragbares Deklinatorium mit Linse und Skala und es kann deshalb auf diese Beschreibung verwiesen werden.

§ 183. Das Ablesedeklinatorium mit Spiegel und Skala.

Die Ablesung mittels Spiegel und Skala ist von Gauss zuerst vorgeschlagen worden.

Die Anordnung eines solchen Ablesedeklinatoriums ist später mannigfach geändert worden, namentlich benutzt man jetzt nicht mehr die langen und schweren Stäbe, sondern kleinere und leichtere Magneten.

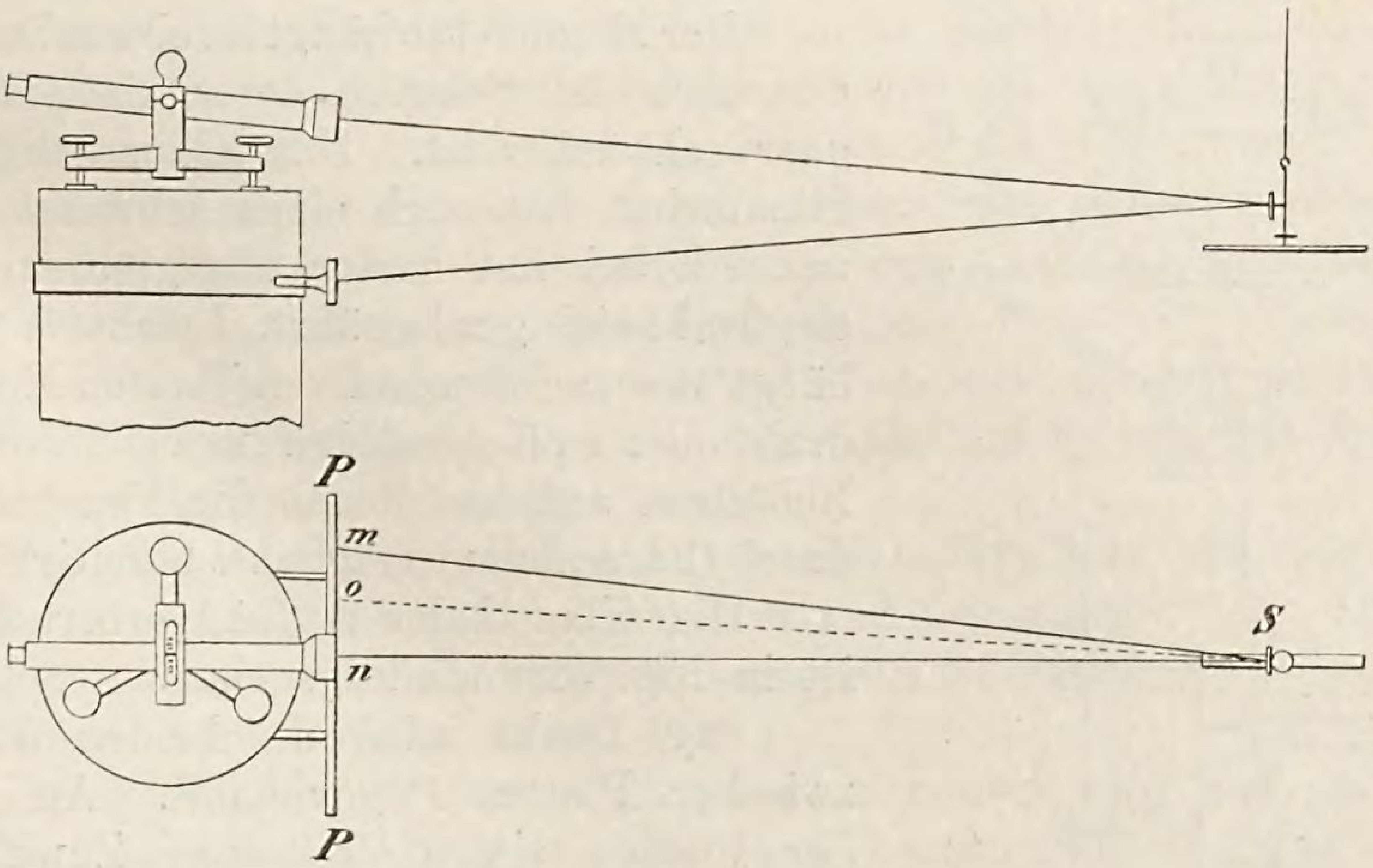


Fig. 319 a u. b. Ablesedeklinatorium mit Spiegel und Skala nach Gauss.

Fig. 319 a u. b giebt das Wesentliche eines Gaussschen Magnetometers wieder.

Auf einem gut fundamentierten Steinpfeiler steht gegen Verschiebungen gesichert ein Fernrohr. Die Sehachse des Fernrohres ist auf einen planparallelen Spiegel gerichtet, der an der Aufhängevorrichtung des Magnetstabes angebracht und mit Stellschrauben versehen ist.

In dem Spiegel erblickt man durch das Fernrohr das Bild einer Skala, die mit Spiegelzahlen versehen unter dem Objektiv rechtwinkelig zur Sehachse festsitzt. Der Spiegel macht alle Bewegungen des Magneten mit und diesen Bewegungen entsprechend trifft das Fadenkreuz des Fernrohrs immer andere Striche der Skala.

Der Winkelwert eines Skalenteils ist gleich $\frac{a}{2l}$ 206265 Sekunden, worin a die Länge eines Skalenteils und l die söhlige Entfernung vom Spiegel bis zur Skala ist.

In Fig. 319 sei $so = l$ rechtwinkelig zur Spiegelebene, ns die Sehachse des Fernrohres, $on = a =$ einem Skalenteile. Dann ist $\operatorname{tg} osn = \frac{a}{l}$. Nach den Gesetzen der Reflexion sieht man aber nicht den Punkt o, sondern den Punkt m im Fernrohre, man liest also, da $mo = on = a$, nicht einen, sondern zwei Skalenteile ab. Die abgelesenen Skalenteile müssen halbiert werden, oder, was bequemer ist, man nimmt den Wert eines Skalenteils halb so groß an.

Im Klausthaler Deklinatorium ist ein Skalenteil = 27 Bogensekunden und die Vergrößerung des Fernrohrs läßt eine Abschätzung von $^1/_{10}$ Skalenteilen, also eine Ablesung bis zu 2,7 Sekunden zu.

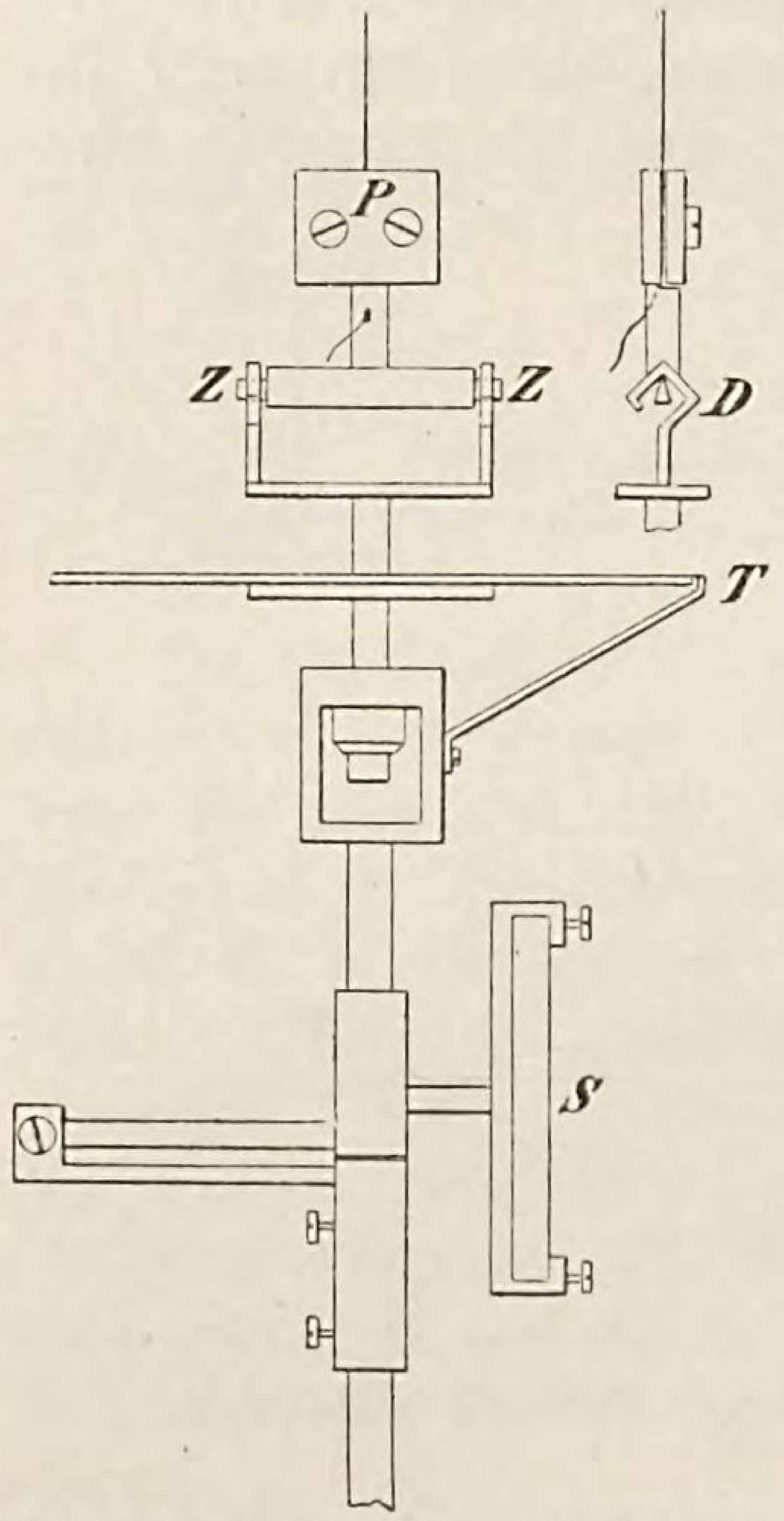


Fig. 320. Aufhängevorrichtung des Magnetstabes mit Spiegel.

Der Magnetstab hängt an einem Drahte, der nach der Schwere des Stabes stärker oder schwächer ist. Das Klausthaler Deklinatorium hat noch einen schweren Stab und hierbei hat harter ungeglühter Messingdraht sich gut bewährt. Leichtere Stäbe hängt man an dünnem versilberten Kupferdraht oder an Kokonfäden in verschlossenen Behältern auf, aus denen die Feuchtigkeit durch Chlorcalcium möglichst beseitigt wird.

Die Klausthaler Aufhängevorrichtung ist in Fig. 320 wiedergegeben.

Der Draht wird an beiden Enden zwischen Platten P geklemmt. An einer der Platten sitzen dreieckige Zapfen Z, über die die Doppelhaken DD gehängt werden.

An dem Verbindungsstück der Doppelhaken sitzt die Torsionsscheibe T, deren Verbindung mit dem unteren Teile der Aufhängevorrichtung aus der Figur ersichtlich ist. Auch die Befestigung des Spiegels S am Stiele bedarf keiner Erläuterung.

Unten am Stiel der ganzen Aufhängevorrichtung sitzt das in der

Figur weggelassene Schiffchen, in das der Magnet eingelegt und darin 180 Grad um seine Längsachse gedreht werden kann.

Vor Einlegung des Magnetstabes ist der Aufhängedraht möglichst von der Torsion zu befreien. Zu diesem Zwecke hängt man ein Gewicht, das ebenso schwer wie der Magnestab ist und ebenfalls mit Doppelhaken versehen ist, über die an den Platten *P* sitzenden Zapfen *Z* und wartet bis es vollständig zur Ruhe gekommen ist. Erst dann hängt man anstatt des Gewichtes die Aufhängevorrichtung über die Zapfen *Z*, deren Richtung nicht verändert werden darf. Dem Schiffchen mit dem Magnetstabe giebt man mit Hilfe der Torsionsscheibe die richtige Lage, ohne den Draht zu drehen. Am besten ist es, wenn der Aufhängedraht lange Zeit als Reservedraht bereits in Platten *P* gespannt mit dem Torsionsgewicht beschwert gehangen hat. Ein einmaliges, nur kurze Zeit andauerndes Austordieren genügt nicht immer.

Ob die Torsion augenblicklich ganz beseitigt ist, untersucht man mit Hilfe eines Torsionsstabes. Das ist ein Messingstab von der Schwere des Magnetstabes, in dem ein kleiner Magnetstab von geringerer Richtkraft eingelegt wird. Indem man den Haupt- und Torsionsstab abwechselnd in das Schiffchen einlegt und abliest, wird man es durch Drehung der Torsionsscheibe nach und nach dahin bringen können, daß beide Ablesungen übereinstimmen, in welchem Falle die Torsion des Drahtes keinen richtenden Einfluß auf den Stab mehr ausübt. Bei diesen Untersuchungen müssen gleichzeitige Beobachtungen an einem anderen Deklinatorium ausgeführt werden zur Ausscheidung der Variationen.

Das Azimut der Sehachse des Fernrohres ist genau ermittelt und die richtige Stellung der Sehachse kann durch Anzielen einer Marke geprüft werden, die an der gegenüberstehenden Wand des Raumes angebracht ist. Die Marke ist vom Objektiv doppelt so weit entfernt wie der Spiegel, um die Marke und das Skalenbild im Spiegel mit derselben Okularstellung beobachten zu können.

Der Magnetstab ist mit kräftigen Dämpfern aus elektrolytischem Kupfer umgeben, so daß er ohne alle Schwingungen nur den Einwirkungen der Variationen und den magnetischen Störungen folgt. Die Ablesungen sind bequem auszuführen.

Durch Bestimmen der absoluten Deklination wird auf der Skala der Normalpunkt ermittelt, der einer bestimmten Deklination entspricht. Dieser Punkt ist z. B im hiesigen Deklinatorium der Skalenteil 491. Steht das Fadenkreuz des Beobachtungsfernrohres auf diesem Punkt, dann beträgt die Deklination $12^0 22' 50''$.

Mit zunehmenden Skalenteilen wird die Deklination kleiner, mit abnehmenden Skalenteilen größer. Liest man z. B. 510 ab, so entspricht dies einer Deklination von $12^0 22' 50'' - (510 - 491) 27'' = 12^0 14' 17''$.

Aus der Vergleichung zweier zu verschiedenen Zeiten erfolgten Ablesungen ergiebt sich ohne weiteres die inzwischen eingetretene Änderung

in der Magnetrichtung. Man bezieht bei mehreren längeren Beobachtungsreihen die Änderungen auf den Normalpunkt der Skala oder auf einen anderen übrigens beliebigen Skalenteil. (Ähnlich wie die Höhenzahlen auf einen bestimmten Vermessungshoriont bezogen werden.)

§ 184. **Das selbstschreibende Deklinatorium.** Statt einer ausführlichen Beschreibung soll an der Hand der schematischen Skizze (Fig. 321 a, b, c, d) nur das Wichtigste eines solchen Deklinatoriums besprochen werden.

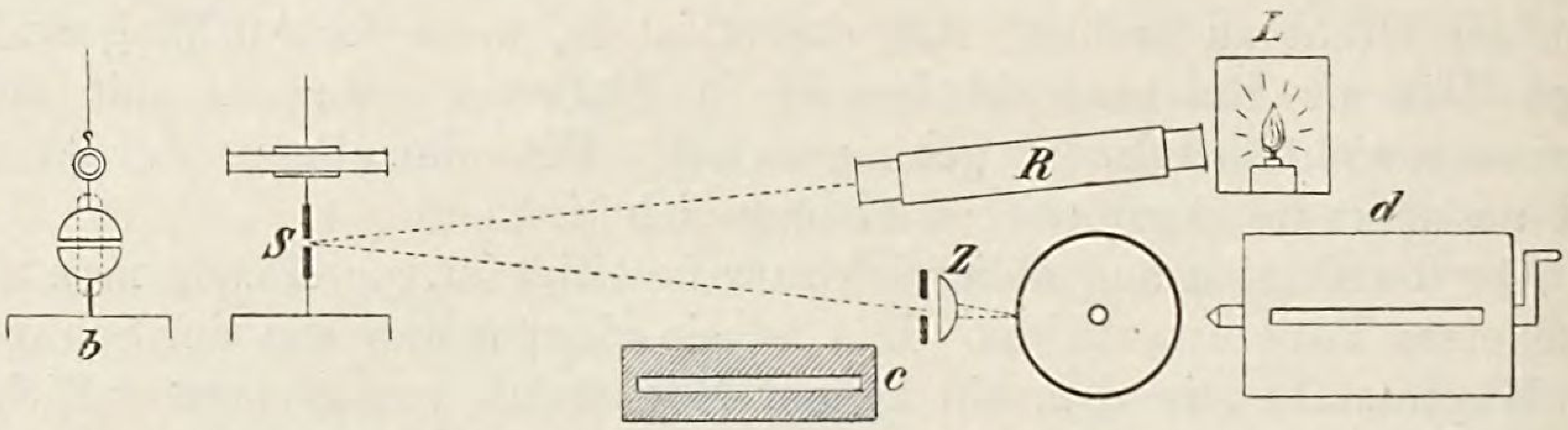


Fig. 321 a, b, c, d. Skizze eines selbstschreibenden Deklinatoriums.

Von dem Benzinlichte *L* fallen durch einen feinen Spalt Lichtstrahlen auf das Objektiv des Rohres *R*, wodurch sie so gebrochen werden, daß sie unter sich konvergierend auf die beiden Spiegel *S* treffen und da als breiter Streifen erscheinen. Von diesen beiden Spiegeln steht der untere fest, der obere ist mit dem Magnetstabe, dessen Pole mit kräftigen Dämpfern umgeben sind, verbunden. Jeder Spiegel hat die Form eines Halbkreises und beide sollen so übereinander stehen, wie die Fig. 321 b zeigt. Auf dieser Figur ist auch der Lichtstreifen mit punktierten Linien angedeutet.

Von den Spiegeln *S* werden die Lichtstrahlen wieder unter sich konvergierend zurückgeworfen und treffen nun als schmale Striche die Zylinderlinse *Z*, die vorn durch ein Vorsatzstück *c* derartig abgeblendet ist, daß nur ihr mittlerer Teil in Wirksamkeit tritt. Die Zylinderlinse vereinigt die Striche zu Punkten, die das lichtempfindliche Papier treffen. Dieses Papier ist um eine Walze gewickelt, die ihrerseits in einer Hülse *d* steckt. Durch einen Spalt der Hülse fallen die Lichtpunkte auf die durch ein Uhrwerk derartig in Bewegung gesetzte Walze, daß sie in 24 Stunden gerade eine Umdrehung macht.

Der vom feststehenden Spiegel herkommende Lichtpunkt erzeugt auf dem lichtempfindlichen Papiere eine gerade Linie, die Basis. Der am Magneten befestigte Spiegel macht alle Bewegungen des Magneten mit und der von diesem Spiegel herrührende Lichtpunkt erzeugt auf dem lichtempfindlichen Papiere eine Kurve (vergl. Fig. 14 auf Seite 16).

Mit der Uhr ist meistens eine Vorrichtung zur Erzeugung von Zeitmarken verbunden, die von Stunde zu Stunde einen Schirm vor die

Walze schiebt oder fallen läßt und dadurch eine kurze Unterbrechung der Basis und der Kurve herbeiführt.

Bei dem Klausthaler Deklinatorium werden die Zeitmarken mit der Hand durch plötzliche Verschiebungen der Walze herbeigeführt, wodurch Basis und Kurve einen scharf markierten Sprung machen. Mit Hilfe dieser Marken werden die Zeitlinien nach erfolgter Entwickelung der Kurven konstruiert und eingezeichnet. Hierbei leisten Hilfsmarken gute Dienste, die in Zwischenräumen, welche Zeitabschnitten von 4 Stunden entsprechen, durch feine Zwirnsfäden, die über das lichtempfindliche Papier gespannt sind, erzeugt werden.

Der wechselnde Abstand der Kurvenpunkte von der Basis giebt ein Anhalten für die Ermittelung der Variationen. Will man für bestimmte Zeiten die Magnetrichtungen vergleichen, so sind auf der Basis erst die Zeitabszissen zu bestimmen, dann die Ordinaten bis zur Kurve zu ziehen und zu messen. Der Wert eines Millimeters Ordinatenlänge ist meistens gleich einer Bogenminute. Mit Hilfe eines Ordinatenzeigers kann man die Ordinaten bis auf Zehntelmillimeter, also bis auf 6 Sekunden ablesen, aber die Bestimmung der Zeitabszissen ist nicht immer so scharf, da das Papier beim Entwickeln der Kurven lange im Wasser liegt und beim Trocknen sich nicht ganz gleichmäßig zusammenzieht.

Durch Bestimmen der absoluten Deklination ermittelt man eine Konstante, die jeder Ordinate hinzugefügt werden muß, um die absolute Deklination für jeden beliebigen Zeitpunkt erhalten zu können. Die Anordnung der Spiegelstellung wird zweckmäßig so getroffen, daß die Ordinaten über der Basis stehen und positiv sind, die unter der Basis bei Störungen entstehenden Kurventeile haben negative Ordinaten.

§ 185. **Die Instrumente zum Messen der Streichwinkel.** Zum Messen der Streichwinkel dient in untergeordneten Fällen der Hängekompaß und die Bussole in der im § 82 beschriebenen Weise.

Das gebräuchlichste Instrument zum Streichwinkelmessen ist der Magnettheodolit, d. h. ein Theodolit, an dem eine Magnetnadel angebracht ist, welche dazu dient, das Fernrohr in eine von der Magnetrichtung abhängende Stellung bringen zu können.

Die Magnetnadeln oder -Stäbe sind in besonderen Gehäusen, Kästen u. dergl. aufgehängt, welche an dem Theodoliten in verschiedener Weise befestigt werden. Man unterscheidet zwei Gruppen, solche, bei denen die Magnetnadel auf einer Spitze schwingt, und solche, bei denen der Magnetstab an einem Faden aufgehängt ist.

Von der ersten Gruppe sind zu erwähnen die gewöhnliche Orientierungs- oder Kastenbussole, der Hildebrandsche Röhrenkompaß, das aufsetzbare Spiegeldeklinatorium von Schmidt und der Breithauptsche neue Magnettheodolit.

Alle Instrumente mit Stiftaufhängung haben mit der Reibung des Stiftes im Hütchen zu kämpfen.

Zur Herabminderung dieser Fehlerquelle ist die Nadel möglichst leicht, der Stift und das Hütchen aus gutem, hartem Material zu fertigen, und die Schraubenarretierung anzuwenden, damit die Nadel möglichst sanft auf den Stift aufgesetzt werden kann. Ferner wird man durch kleine Erschütterungen, welche die Magnetnadel momentan von der Stiftspitze abheben, die Nadel in der Überwindung der Reibung unterstützen. Diese Erschütterungen bringt man durch Kratzen mit dem Fingernagel an dem gereifelten Kopfe einer Schraube hervor.

§ 186. Die Orientierungs- oder Kastenbussole. Fig. 322 zeigt die einfachste Form einer solchen Bussole, an der die gabelförmigen Füsse weggelassen sind, mit denen sie auf die Kippachse des Fernrohrs gesetzt wird.

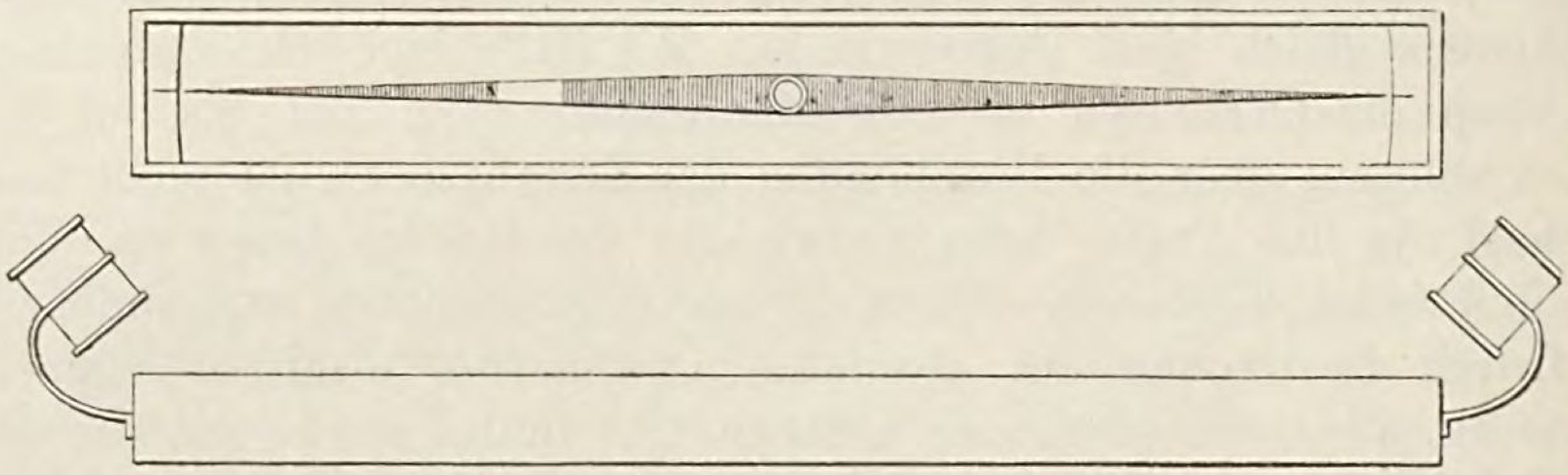


Fig. 322. Die Orientierungs- oder Kastenbussole.

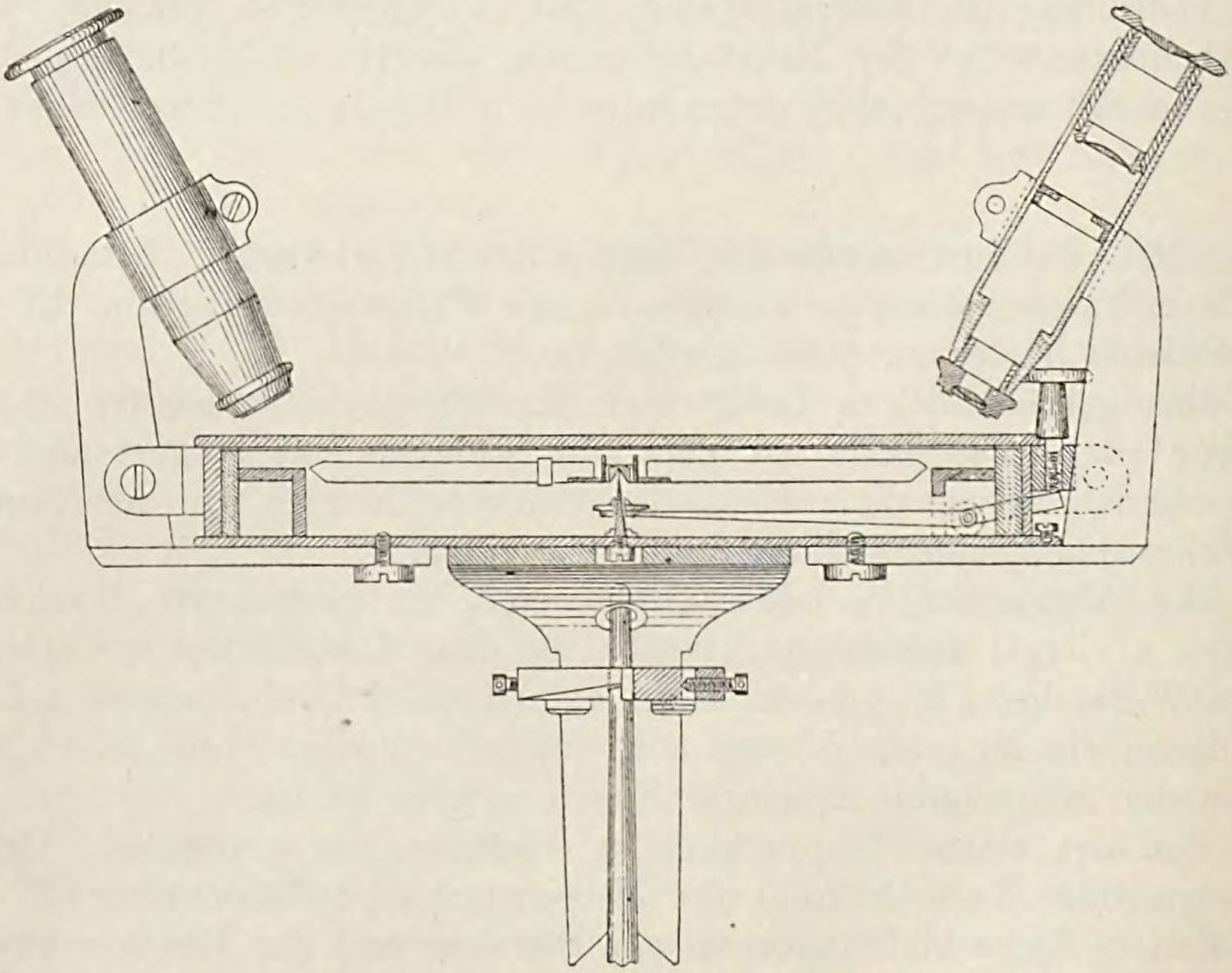


Fig. 323. Mikroskopbussole.

Das schmale längliche Kästchen ist oben mit einem Glasdeckel verschlossen und an den schmalen Seiten befinden sich Bänkchen, auf denen ein feiner Strich eingeritzt ist. Über diesen Strichen sind Lupen starr angebracht, die zur Vermeidung der Parallaxe mit Spaltblenden versehen sind.

Im Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen für das Königreich Sachsen 1888 beschreibt Professor Schmidt eine Orientierungsbussole, an der statt der Lupen Mikroskope angebracht sind, von der Fig. 323 einen alles erklärenden Längsschnitt zeigt. Nach den zugleich mitgeteilten Ablesereihen ist eine sehr genaue Einstellung mit dieser Bussole möglich.

§ 187. **Der Hildebrandsche Röhrenkompaß** ist beschrieben in der Österr. Zeitschrift 1886 Nr. 6. Fig. 324 a u. b zeigt zwei Ansichten ohne die Vorrichtung zum Befestigen an den Theodoliten.

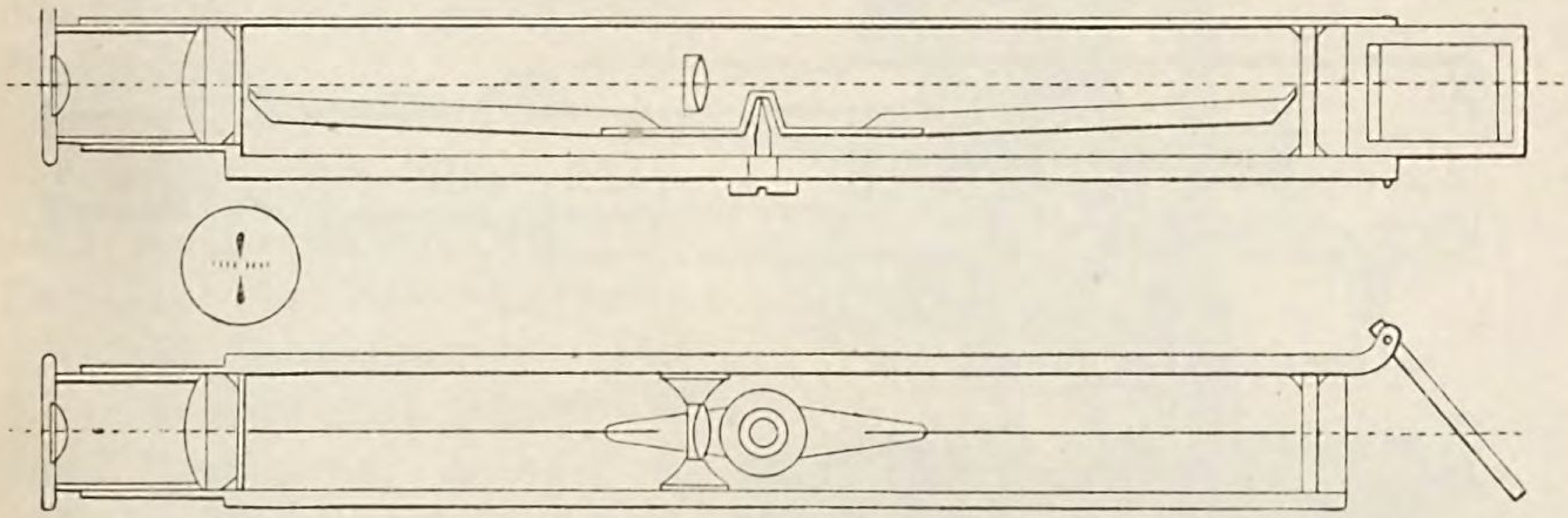


Fig. 324 a u. b. Der Hildebrandsche Röhrenkompaß.

In einer viereckigen Röhre schwingt auf dem Stifte die hochstehende, etwa 11 cm lange Magnetnadel. Dicht vor dem Südende der Nadel befindet sich die mit einer feinen Skala versehene Glasscheibe und davor das Okular, das eine zehnmalige Vergrößerung giebt. Zwischen dem Südende und dem Aufhängepunkt der Magnetnadel ist ein kleines Fernrohrobjektiv von entsprechender Brennweite an der Gehäusewand befestigt. Durch das Okular sieht man außer der Skala und dem Südende der Nadel auch gleichzeitig das vergrößerte umgekehrte Bild von dem Nordende der Nadel. Das Bild der einen Spitze steht über, das andere unter der Skala und zwar befinden sich bei der Einstellung der Nadel auf den Mittelstrich die Spiegelbilder entweder gerade gegenüber oder jede gleichweit vom Mittelstriche abweichend.

Das Nordende des Gehäuses ist gegen eindringenden Staub durch eine Glasscheibe geschützt, vor welcher sich auch die Vorrichtung zur künstlichen Beleuchtung befindet.

§ 188. **Das aufsetzbare Spiegeldeklinatorium von Schmidt.** (Jahrb. f. d. B.- u. Hüttenw. des Königr. Sachsen 1888.)

Aus den beiden in Fig. 325 gegebenen Ansichten ist die Konstruktion leicht erkennbar. Das Magnetsystem besteht aus 2 oder 4 feinen Stahllamellen von 11 cm Länge, die durch ein Querstück aus Aluminium verbunden sind. In der Mitte zwischen denselben ist ein mit seiner Fassung in einer Messinghülse leicht auf und ab gleitendes

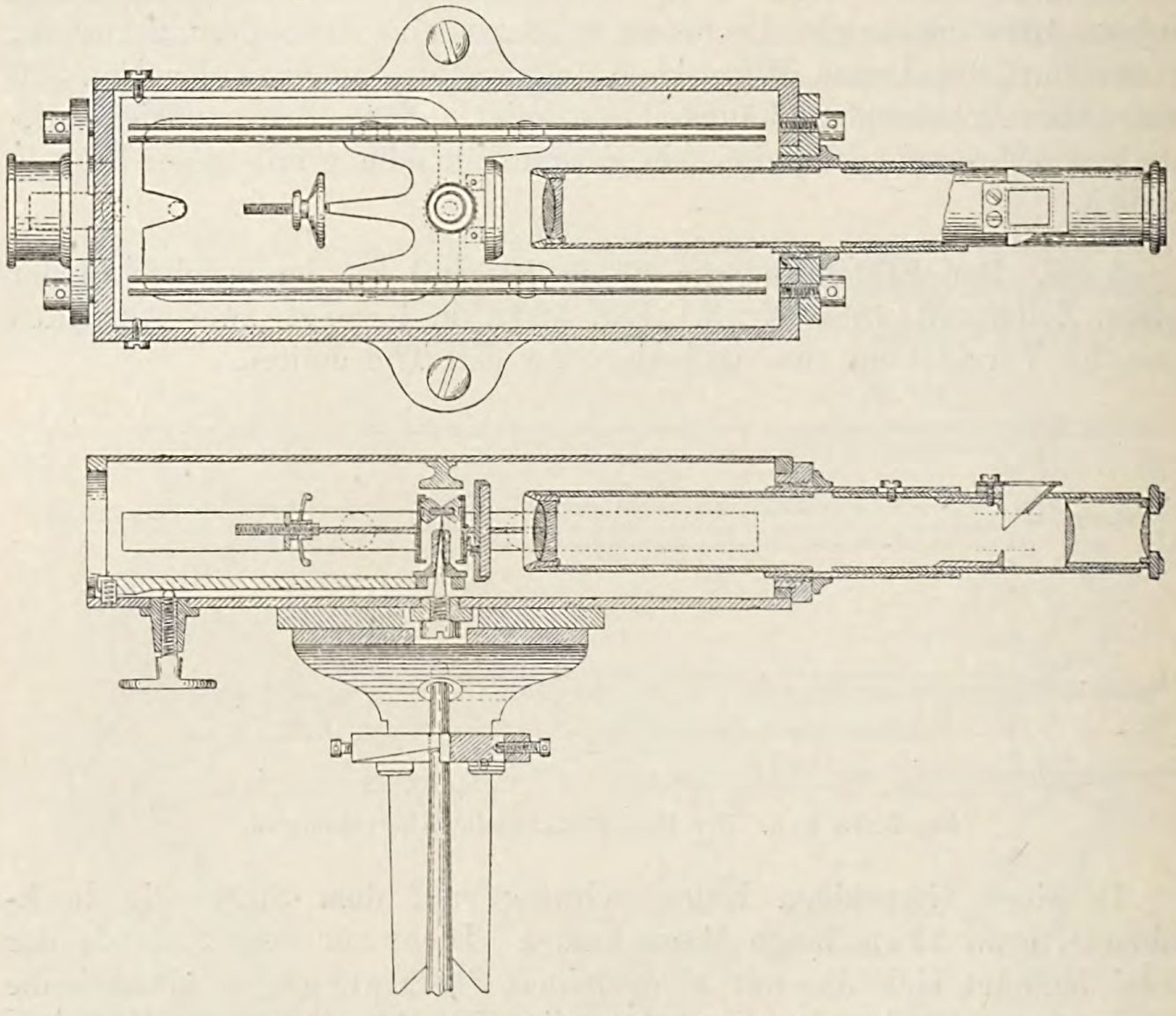


Fig. 325. Aufsetzbares Spiegeldeklinatorium.

Doppelhütchen, und vor diesem eine aus erstgenanntem leichten Metall hergestellte Spiegelfassung befestigt. Hinter dem Hütchen mußte ein kleines Gegengewicht für den Spiegel angefügt werden, das sich nach Bedarf vor- und rückwärts schrauben läßt.

Das Magnetsystem ist bei der Beobachtung in einem aus Messingplatten zusammengesetzten Schwingungskasten eingeschlossen, dessen Deckel sich aufklappen läßt, und dessen Stirnseiten beiderseits zum Einschrauben des Beobachtungsfernrohres eingerichtet sind. Die Stellung des Fernrohres kann durch die Wechselwirkung zweier Schrauben derart berichtigt werden, daß seine Sehachse parallel der Sehachse des Theodolitfernrohres gerichtet ist. Das Magnet-Fernrohr besitzt eine zehnmalige Vergrößerung und ist mit seinem Objektivende bis ziemlich an die Spiegelfläche vorgeschoben; sein Okular zeigt die Gausssche Ein-

richtung zur Selbstreflexion eines Fadenpaares, dessen im Magnetspiegel reflektiertes Bild durch Drehung der Theodolitalhidade mit den direkt gesehenen Fäden zur Deckung gebracht wird. Um scharfe Fadenbilder ohne störende Glanzlichter zu erhalten, ist die obere Kathetenfläche des Beleuchtungsprismas mit einem Blättchen Pausleinewand abgeblendet, welches unter den beiden dort liegenden Schraubenköpfen festgeklemmt wird. Die Genauigkeit der Einstellung des Fernrohres ist gleich einer Bogenminute.

§ 189. **Der Magnettheodolit von Breithaupt** (Fig. 326). Zwischen den Fernrohrträgern sitzt die Kastenbussole. Das Fernrohr wird stark gekippt und beim Beginn der Messung so auf die Nadelspitze gerichtet, daß sie zwischen den Vertikalfäden des Fadenkreuzes gesehen wird. Um dies zu ermöglichen, wird über das Objektiv eine federnde Klappe gedeckt, über deren durchbrochener Mitte eine Lupe aufgekittet ist. Nach erfolgter Einstellung auf die Nadelspitze wird die Lupe zurückgeklappt.

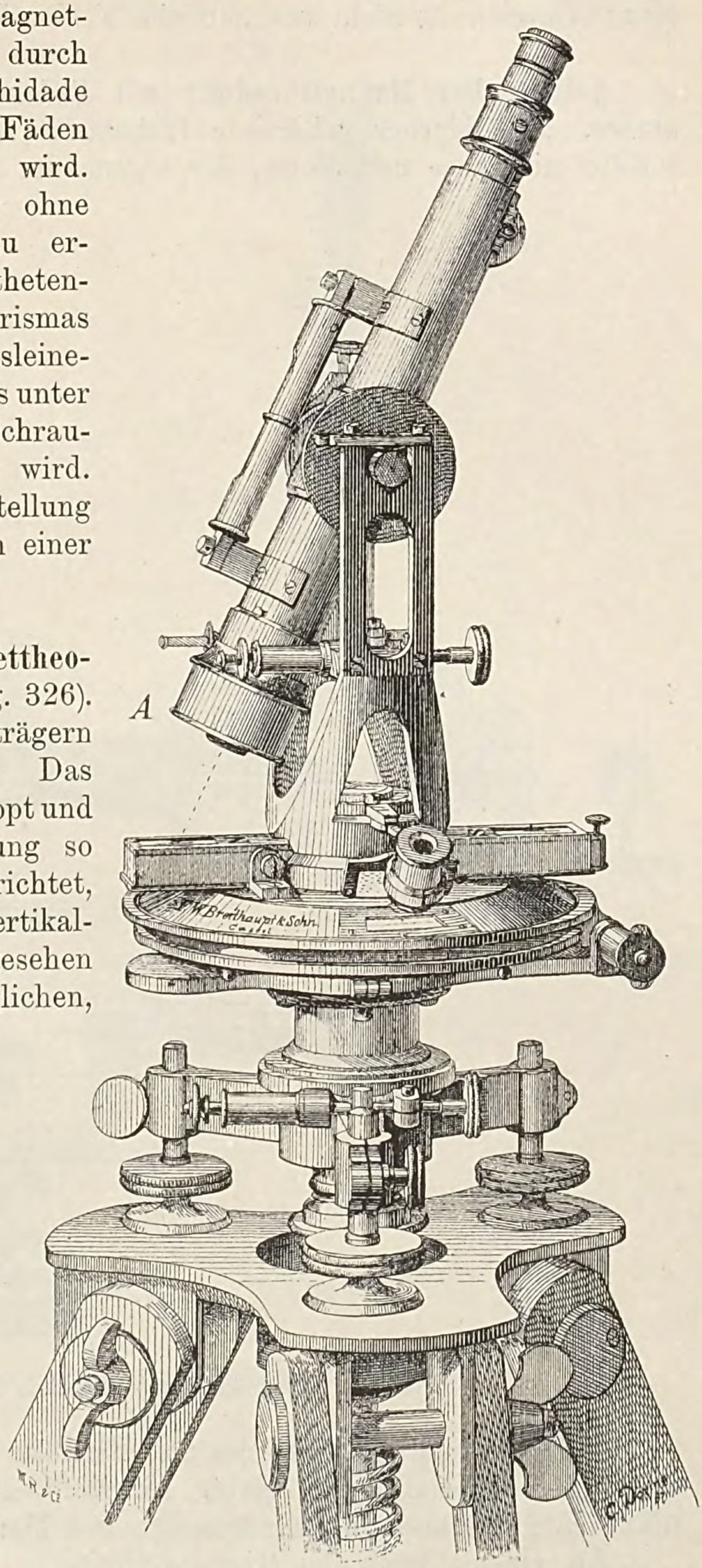


Fig. 326. Magnettheodolit von BREITHAUPT.

Auf die Horizontalstellung des Instrumentes, namentlich der Kippachse, ist die größte Sorgfalt zu verwenden, da bei der starken Neigung des Fernrohres

und bei dem einen (linken) unverhältnismäßig kurzen Schenkel eine geringe Abweichung nicht unerhebliche Fehler hervorbringen kann.

§ 190. Der Magnettheodolit mit Fadenaufhängung des Magnetstabes. Das hierher gehörende Instrument ist ein tragbares Deklinatorium mit Linse und Skala, der sogenannte Magnetkollimator, von

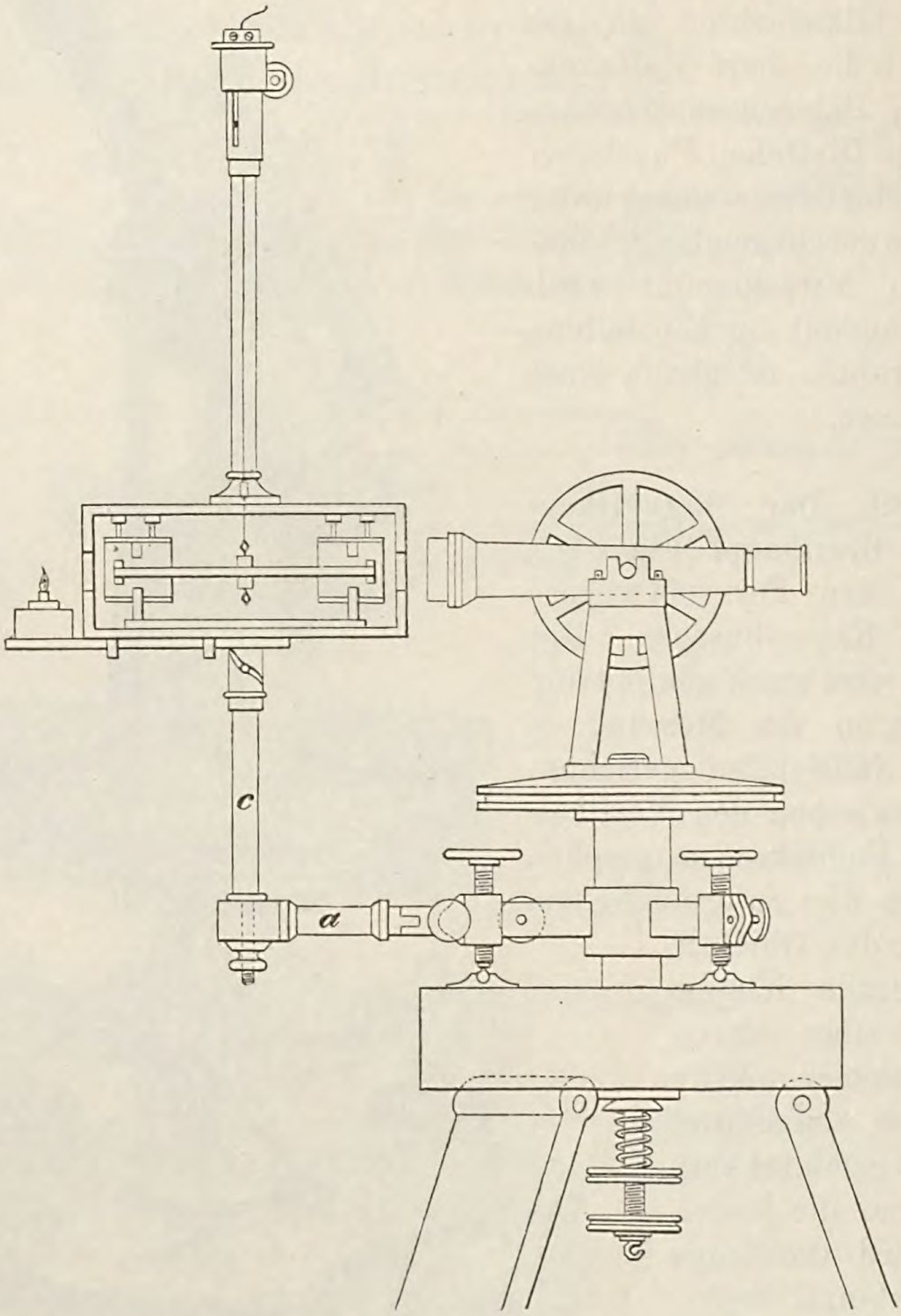


Fig. 327. Magnetkollimator mit dem Theodoliten.

dem Fig. 327 eine geometrische und Fig. 328 eine perspektivische Ansicht mit dem Theodoliten giebt. Ein Kollimator wird von dem Mechanikus H. Hoffmann in Klausthal für 180 Mark geliefert.

An einem Arme des Theodolitdreifußes läßt sich mittels zweier Stellstifte und einer Schraube ein Arm *a* aus Aluminium befestigen, der

in der Mitte mit einem Gelenk und vorn mit einer Öffnung versehen ist, in welche der Zapfen des Stieles *c* paßt. Durch eine Schraube wird der Zapfen mit dem Arme *a* fest verbunden.

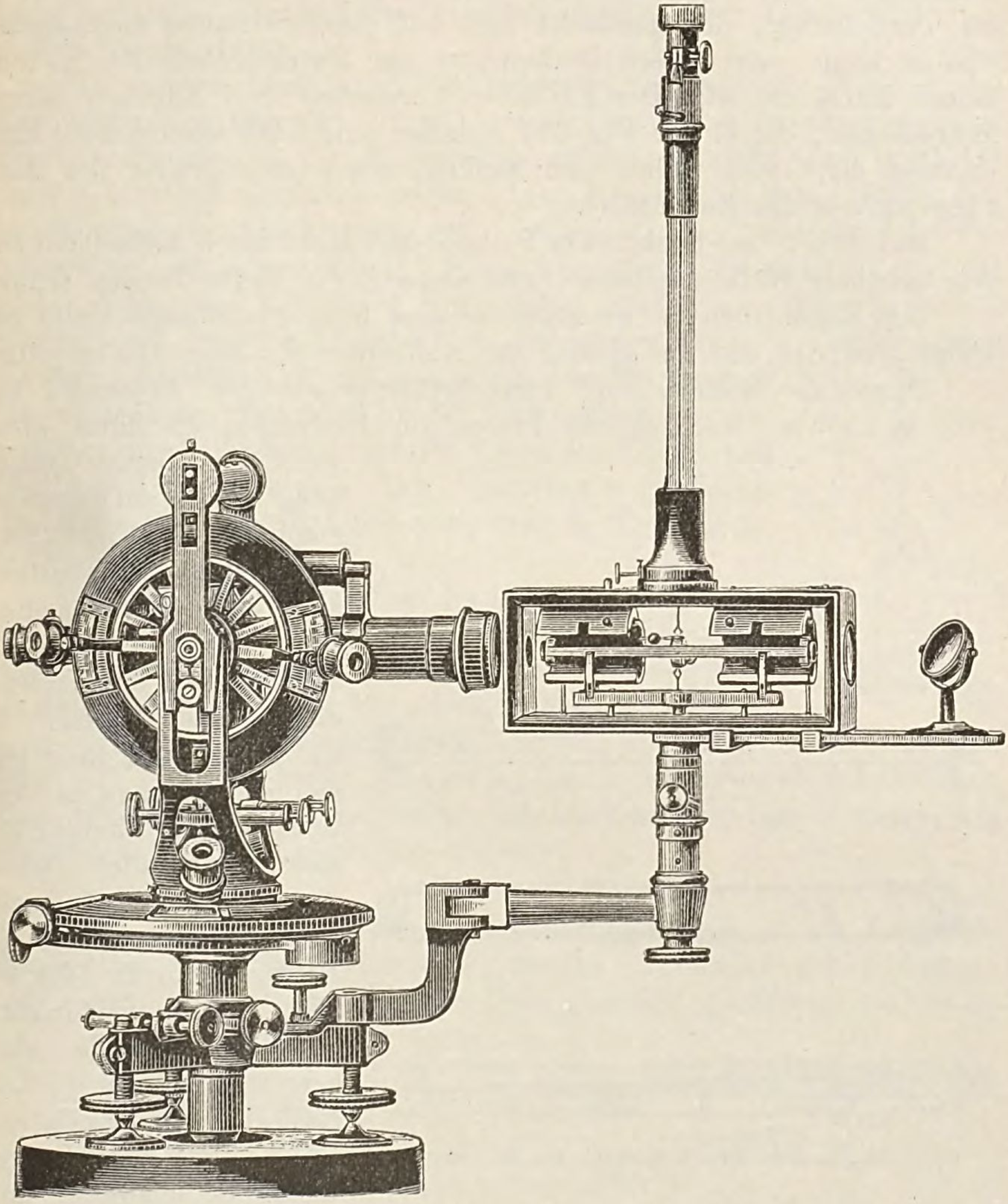


Fig. 328. Magnetkollimator mit dem Theodoliten.

Auf dem Stiele *c* sitzt ein hölzernes Kästchen, dessen Stirnseiten mit runden durch Glimmerblättchen verschlossenen Fenstern versehen sind, und dessen Seitenwände von herausnehmbaren Glasplatten gebildet werden.

Auf dem Deckel des Kästchens in der Verlängerung des Stieles *c*

ist eine Glasröhre aufgesetzt, an deren oberen Ende zunächst eine Messinghülse festgekittet ist. Auf dieser läßt sich eine zweite Hülse auf- und abschieben, die hierbei durch Schlitz- und Spurstift vor Drehung bewahrt wird. Um den oberen Teil der zweiten Hülse sitzt ein Torsionsring, der geschlitzt und mit einer Schraube angeklemmt werden kann, und dessen Deckelplatte zur Durchführung des Kokonfadens durchlocht ist. Der Faden wird zwischen zwei Elfenbeinplatten festgeklemmt, die in der Fig. 327 sichtbar sind. Die beschriebene Einrichtung dient zum Heben und Senken, sowie zum Drehen des Aufhängepunktes des Kokonfadens.

Das Heben und Senken des Fadens darf nicht durch Aufwickeln auf eine drehbare Welle geschehen, weil dadurch der Faden Torsion erhält.

Der Kokonfaden ist zunächst an eine feine Aluminiumschleife geknüpft, an der erst der Haken zur Aufnahme des Magnetstabes sitzt.

Durch die Schleife wird beim Nichtgebrauch des Apparates ein Stift geschoben, wodurch der Faden vor Drehungen geschützt wird, wenn der Magnet ausgehängt ist, was auf Reisen zu empfehlen ist (Fig. 329 a).

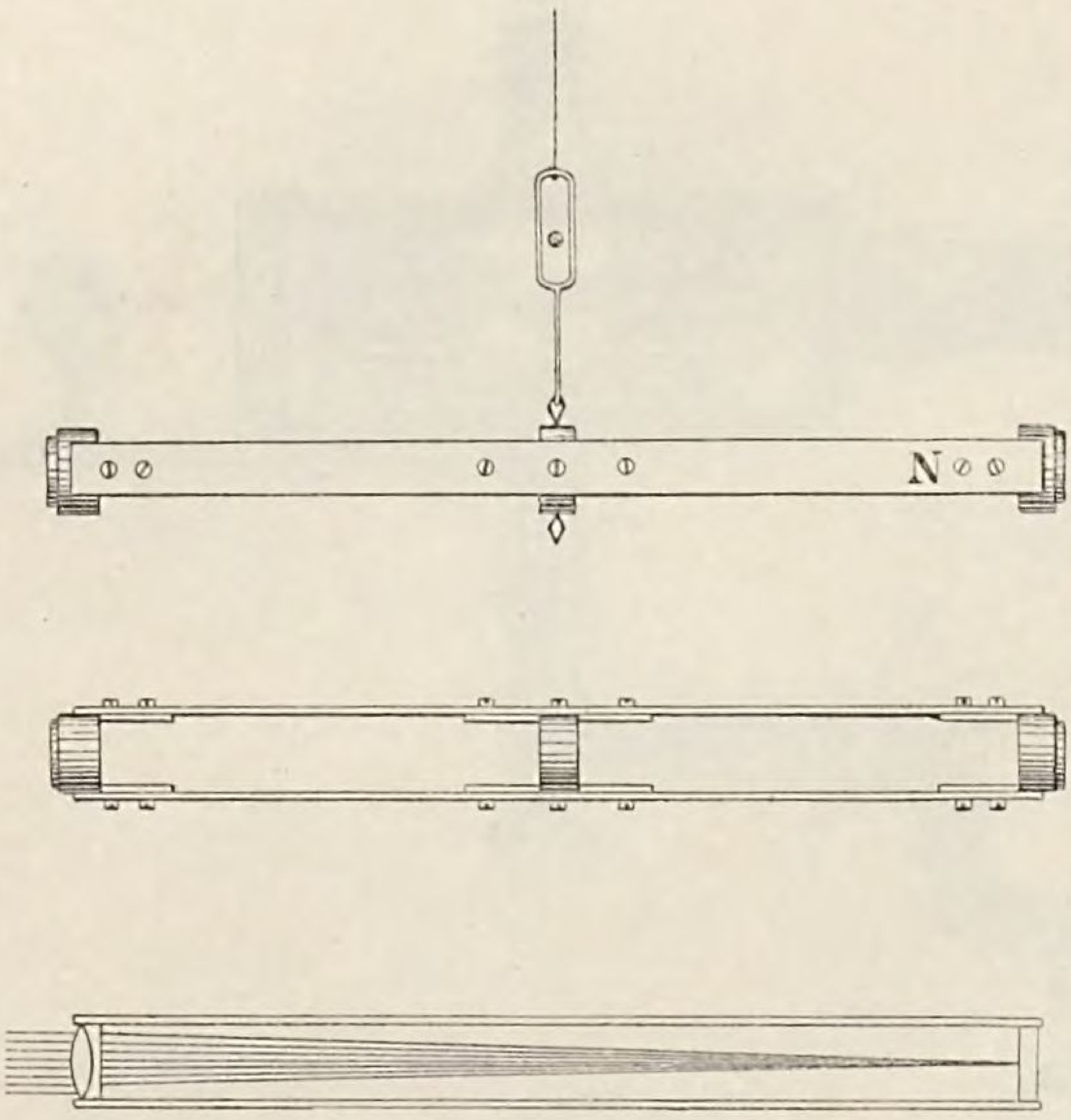


Fig. 329 a, b u. c. Der Magnetstab des Kollimators.

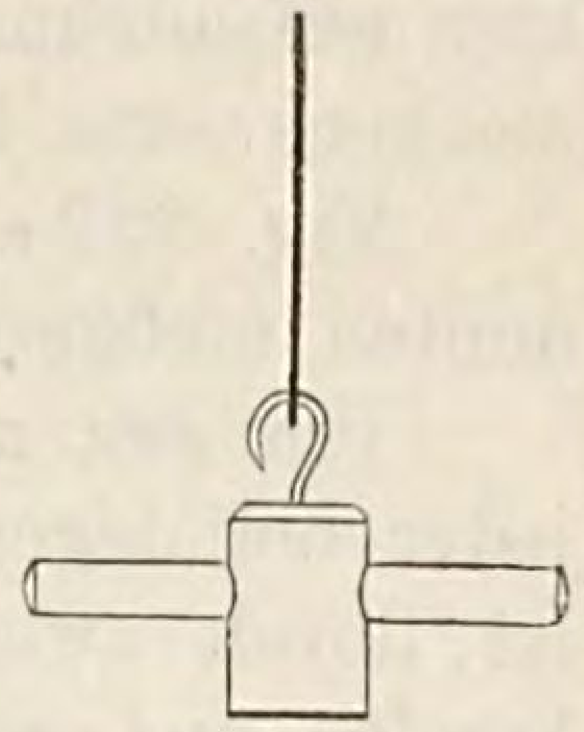
Der Magnetstab besteht aus zwei Stahllamellen (Fig. 329 a u. b), die zwischen sich drei Verbindungsstücke haben: in der Mitte einen Ring mit den beiden Haken, an dem Nordende die Fassung für eine planparallele Glasplatte mit darauf eingerissener feiner Skala (4 Millimeter in 20 oder 40 Teile geteilt) und endlich an dem Südende eine achromatische Linse. Die Entfernung von Skala und Linse ist gleich der Brennweite der letzteren, und von der Skala ausgehende Lichtstrahlen werden in der Linse so gebrochen, daß sie unter sich parallel in das Objektiv des darauf gerichteten Theodolitfernrohres fallen (Fig. 329 c).

An dem Deckel des Kästchens sind röhrenförmige Kupferdämpfer angebracht, welche die Pole des Stabes umgeben. Die eine Hälfte der Dämpfer läßt sich aufklappen, um den Magnetstab hinein- und herausbringen zu können (Fig. 328). Die Hemmung des Stabes ist aus den

Figg. 327 u. 328 erkenntlich. Der Magnetstab schwingt in gleicher Höhe mit dem horizontal gestellten Fernrohre.

Die Beleuchtung der Skala erfolgt in der Grube durch eine offene Lampe, die auf einer Schiebebrücke steht, bei Schlagwettern durch eine davor gehängte oder gestellte Sicherheitslampe, über Tage durch einen Reflexionsspiegel.

Ein solches Instrument hat hauptsächlich mit der Torsion des Kokonfadens zu kämpfen. Zur Abschwächung bezw. Beseitigung dieser Fehlerquelle müssen die Magnetstäbe möglichst leicht und möglichst stark magnetisch gemacht werden. Die oben beschriebenen Stäbe entsprechen dieser Anforderung gut, wenn die drei Zwischenstücke aus Aluminium gefertigt werden. Ein solcher Stab wiegt 10—7 g. Für leichte Stäbe sind nur dünne Kokonfäden erforderlich, deren nach dem Austordieren zurückgebliebene oder wieder entstandene Torsion durch die starke Richtkraft überwunden wird. Die Einwirkung der wechselnden Feuchtigkeit der Luft wird fast ganz beseitigt durch Glyzerin, mit dem man den Faden vor dem Austordieren tränkt. Das Austordieren geschieht mit Hilfe eines in Fig. 330 dargestellten Torsionsgewichtes.


Fig. 330. Torsionsgewicht.

Mit solchen eben beschriebenen Magnetstäben und Kokonfäden habe ich sehr gute Erfahrungen gemacht. Z. B. einen Faden habe ich ungefähr 8 Monate lang im Gebrauch gehabt und bei seinen häufigen Prüfungen keine wesentlichen Abweichungen bemerkt. Dagegen waren schwere Stäbe mit entsprechend dicken Kokonfäden geradezu unbrauchbar. Vielleicht thun Quarzfäden hierbei bessere Dienste. Leider stehen mir bis jetzt keine Erfahrungen zu Gebote.

§ 191. Andere Konstruktionen von Magnetometern mit Fadenaufhängung. In dem öfter genannten Jahrbuche für das Königreich Sachsen vom Jahre 1888 ist ein tragbares Deklinatorium mit Spiegel und Skala

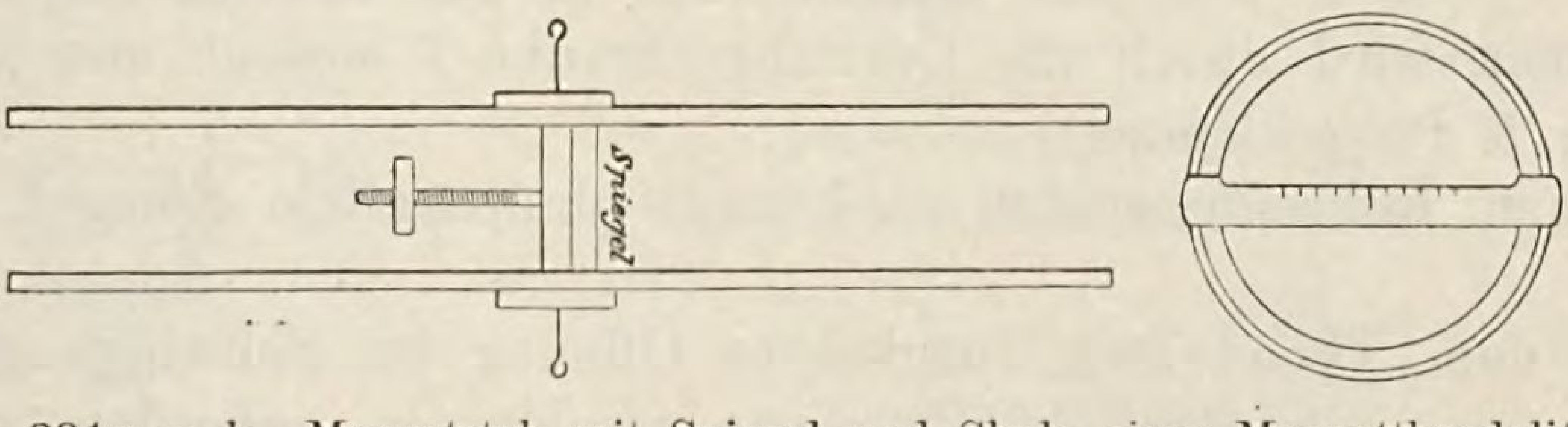


Fig. 331 a u. b. Magnetstab mit Spiegel und Skala eines Magnettheodoliten.

beschrieben, das dem in § 190 behandelten Instrumente äußerlich gleicht. Es unterscheidet sich aber wesentlich dadurch, daß die Kollimatorvorrichtung am Magnetstabe nicht vorhanden ist. Dafür ist an dem Mittelstücke des Stabes, der aus zwei Lamellen besteht, ein planparalleler

Spiegel angebracht, wie Fig. 331 a zeigt. Über das in Fig. 331 b dargestellte Objektiv des Fernrohres ist eine kleine Skala gespannt, die man im Spiegel sieht, sobald das Fernrohr auf die Spiegelebene rechtwinkelig gerichtet ist. Der Gebrauch ist dem des Magnetkollimators gleich.

Als Vorteil ist eine bessere Beleuchtung des Skalenbildes über Tage hervorzuheben, die beim Magnetkollimator zuweilen zu wünschen übrig läßt, namentlich bei häufigem und schnellem Wechsel von Sonnenschein und Wolkenschatten.

Das Fennelsche tragbare Deklinatorium. In dem mechanischen Institut von O. Fennel in Kassel ist ein neues tragbares Deklinatorium mit Fadenaufhängung konstruiert worden, über dessen Anwendung zur Zeit noch keine Erfahrungen vorliegen können. Ich mache aber von der erteilten Erlaubnis, die Beschreibung des Instrumentes hier aufzunehmen, gern Gebrauch, da es in seinem Baue manche bemerkenswerte Eigentümlichkeiten besitzt.

Fig. 332 a zeigt das Instrument in Verbindung mit einem Theodoliten meßgerecht aufgestellt.

Um den metallenen Stativteller ist ein Bronzering drehbar, der in jeder beliebigen Stellung festgeklemmt werden kann. Mit diesem Ringe ist durch zwei Arme die Standplatte *P* für das Deklinatorium verbunden und gegenüber befindet sich das Gegengewicht *G*.

In die Körner der Platte *P* werden die Fußschraubenspitzen eines Dreifußes gestellt, dessen Mittelstück ausgebohrt ist und den runden Zapfen des Deklinatoriums aufnimmt. Die Schraube *R* dient zum Festklemmen des Zapfens. Zur Vertikalstellung dienen zwei rechtwinkelig gegeneinander gestellte Röhrenlibellen. Darüber befindet sich das zylinderförmige Schwingungsgehäuse.

Der Magnet besteht aus einem Stahlzylinder, der in einer Röhre steckt und darin sich um 180 Grad drehen läßt. Die Bewegung ist durch Anschlagschräubchen begrenzt.

Die beiden Ringe *rr* dienen lediglich zur Dämpfung und sind ebenso wie das Stück *a* und das Klemmstück *H* aus reinem Kupfer. Das Klemmstück wird durch die Getriebeschraube *T* bewegt und durch die Schraube *K* festgeklemmt.

In den Röhrenmagneten sind zwei planparallele Spiegel *ss* angebracht.

Die dem Theodoliten zugekehrte Öffnung im Schwingungsgehäuse ist durch eine planparallele Glasplatte geschlossen, außerdem sitzt noch eine durchbrochene Blendscheibe davor. An der entgegengesetzten Seite befindet sich eine Vorrichtung, den Magneten in seiner Röhre um 180 Grad zu drehen, ohne das Gehäuse zu öffnen.

Die den Magneten umgebende Röhre ist an einem Quarzfaden aufgehängt, der oben an dem Stöpsel *e* und unten an einem Haken ange-

kittet ist. Die Einzelheiten der Aufhängevorrichtung mit Torsionskreis sind aus der Fig. 332a zu ersehen.

Auf den Objektivkopf des Theodolitfernrohres ist eine Hülse aufgesteckt, worin ein zweites in der Mitte abgeschnittenes Objektiv *o* sitzt. Ferner ist darin enthalten ein schmaler Spiegel *t*, der sich um eine horizontale Achse leicht drehen läßt und dazu dient, das durch den

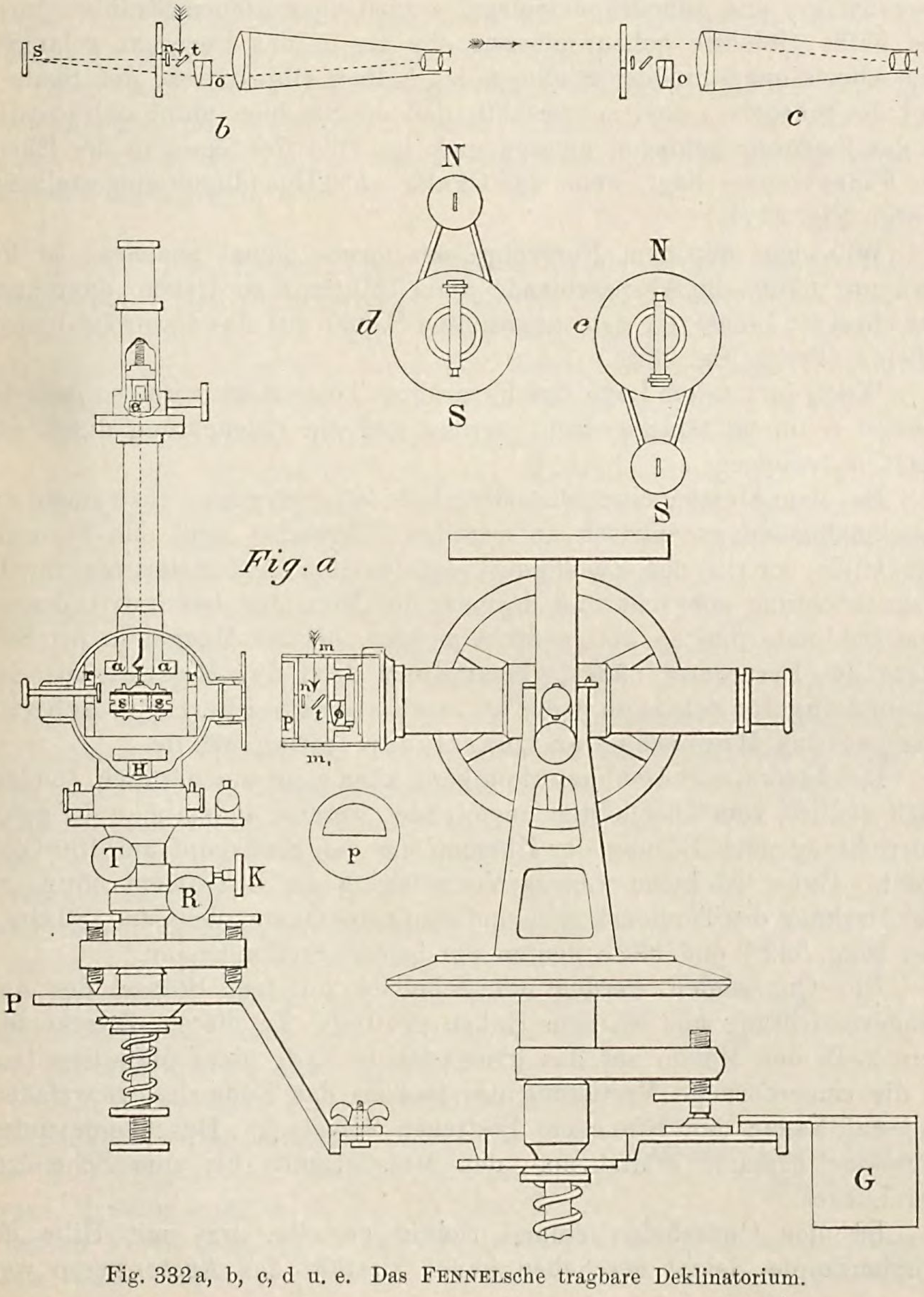


Fig. 332a, b, c, d u. e. Das FENNELsche tragbare Deklinatorium.

Spalt *m* einfallende Licht nach der Glasskala *n* hinzuwerfen. Dicht vor der Skala liegt die in der Vorderansicht nochmals besonders dargestellte Absperrblende *p*, die um 180 Grad drehbar und so ausgeschnitten ist, daß sie einmal das halbe Objektiv, das andere Mal den freien Raum über dem halben Objektiv völlig bedeckt.

Ist das Fernrohr auf den im Magneten befindlichen Spiegel *s* gerichtet, so wird die Absperrblende so gestellt, daß alle von der Skala *n* ausgehenden und vom Magnetspiegel *s* zurückgeworfenen Strahlen durch das halbe Objektiv gehen müssen, ehe sie in das Fernrohr gelangen. Die Abmessungen in der Stellung des halben Objektivs *o*, der Skala *n* und des Spiegels *s* sind so gewählt, daß die Strahlen unter sich parallel in das Fernrohr gelangen müssen und das Bild der Skala in der Ebene des Fadenkreuzes liegt, wenn das Okular auf „Unendlich" eingestellt ist. (Vergl. Fig. 332b.)

Will man mit dem Fernrohre ein fernes Signal anzielen, so hat man nur nötig, die Absperrblende *p* um 180 Grad zu drehen, dann kann nur direktes Licht von dem angezielten Signal auf das Fernrohrobjektiv fallen. (Vergl. Fig. 332c.)

Wenn in zweiter Lage des Fernrohres beobachtet wird, so muß der Spiegel *t* um 90 Grad gedreht werden und die Beleuchtung durch den Spalt m_1 erfolgen.

Bei dem Messen eines Streichwinkels ist auch dieses Instrument am zweckmäßigsten exzentrisch aufzustellen. Zunächst muß das Fernrohr mit Hilfe der in der Zeichnung angedeuteten Aufsatzbussole in die Magnetrichtung gebracht und darnach der Ring um den Stativteller mit dem Deklinatorium so weit gedreht werden, bis der Magnet in der Sehachse des Fernrohres hängt. Erst dann darf der Magnet aus der Klemmung losgelassen werden, weil sonst bei heftigen Schwingungen des Magneten der Quarzfaden leiden würde.

Das Fennelsche Deklinatorium kann aber nicht nur nördlich, sondern auch südlich vom Theodoliten angewendet werden, indem man die ganze Vorrichtung nach Lösung der Klemme um den Stativkopf um 180 Grad dreht. Dabei ist keine weitere Veränderung am Instrument nötig, als eine Drehung des Torsionskopfes und somit des Quarzfadens um 180 Grad. Die Figg. 332d und 332c deuten die beiden Stellungen an.

Die Quarzfäden werden mit Schellack an dem Stöpsel der Aufhängevorrichtung und an dem Haken gekittet. Zu diesem Zwecke legt man z. B. den Haken auf das überstehende Ende eines Metallstreifens, in die rinnenförmige Vertiefung des Hakens das Ende des Quarzfadens und auf Faden und Rinne ein Blättchen Schellack. Durch eine untergehaltene Flamme erhitzt man den Metallstreifen bis zum Schmelzen des Lackes.

Ist der Quarzfaden einmal richtig gestellt, was mit Hilfe des Torsionskopfes leicht geschehen kann, so fällt das Austordieren weg,

auch zeigt angeblich der Quarzfaden weder bei einem Wechsel der Belastung noch bei einem Wechsel der Temperatur und Feuchtigkeit irgend welche Neigung zu Drehungen.

Bei dem Einpacken des Instrumentes ist die Klemmung des Magneten fest anzuziehen und der Quarzfaden bis zu einem ganz geringen Spielraum zu spannen, weil er sonst leicht Schaden leidet.

Bei Grubenmessungen sind Ersatzfäden mitzunehmen, an denen Stöpsel und Haken bereits angekittet sind. Das Einwechseln eines neuen Fadens kann dann in wenigen Minuten geschehen.

Herr A. Fennel beabsichtigt dem Deklinatorium noch eine feine Verschiebung mit Getriebe in einer Schlittenführung auf der Standplatte *P* zu geben, um so das Deklinatorium leichter in die deutliche Sehweite zu bringen.

§ 192. Das Messen eines Streichwinkels mittels eines Magnettheodoliten. Der Streichwinkel wird mit dem Magnettheodoliten mit Repetition und in zwei Lagen des Fernrohres gemessen. Nach jeder Repetition wird abgelesen, aber der Winkel nicht durch Division der Schlußablesung durch die Anzahl Repetitionen gefunden, sondern durch die Subtraktion zweier aufeinander folgenden Ablesungen.

Der linke Schenkel ist immer die Magnetrichtung, der rechte eine fixierte Linie. Jede Einstellung des Fernrohres in die Magnetrichtung wird stets zu einer bestimmten vorher verabredeten Zeit vorgenommen, z. B. immer beim Anfang einer Minute, zu welcher Zeit an dem Deklinatorium die Variationen beobachtet werden.

Das Einstellen des Fernrohres in die Magnetrichtung ist nach der Konstruktion der Magnettheodoliten verschieden. Bei den Orientierungsbussolen läßt man die Nadelspitze auf den Indexstrich einspielen, beim Röhrenkompaß müssen die Spitzen entweder am Mittelstrich oder gleichweit davon entfernt einander gegenüber stehen, beim Spiegeldeklinatorium von Schmidt muß das Fadenkreuz mit seinem Spiegelbilde zur Deckung gebracht werden, bei dem Breithauptschen Theodoliten muß die Nadelspitze zwischen den beiden Vertikalfäden des Fadenkreuzes gesehen werden und schließlich beim Magnetkollimator muß das Fadenkreuz auf den Mittelstrich der Skala gerichtet sein.

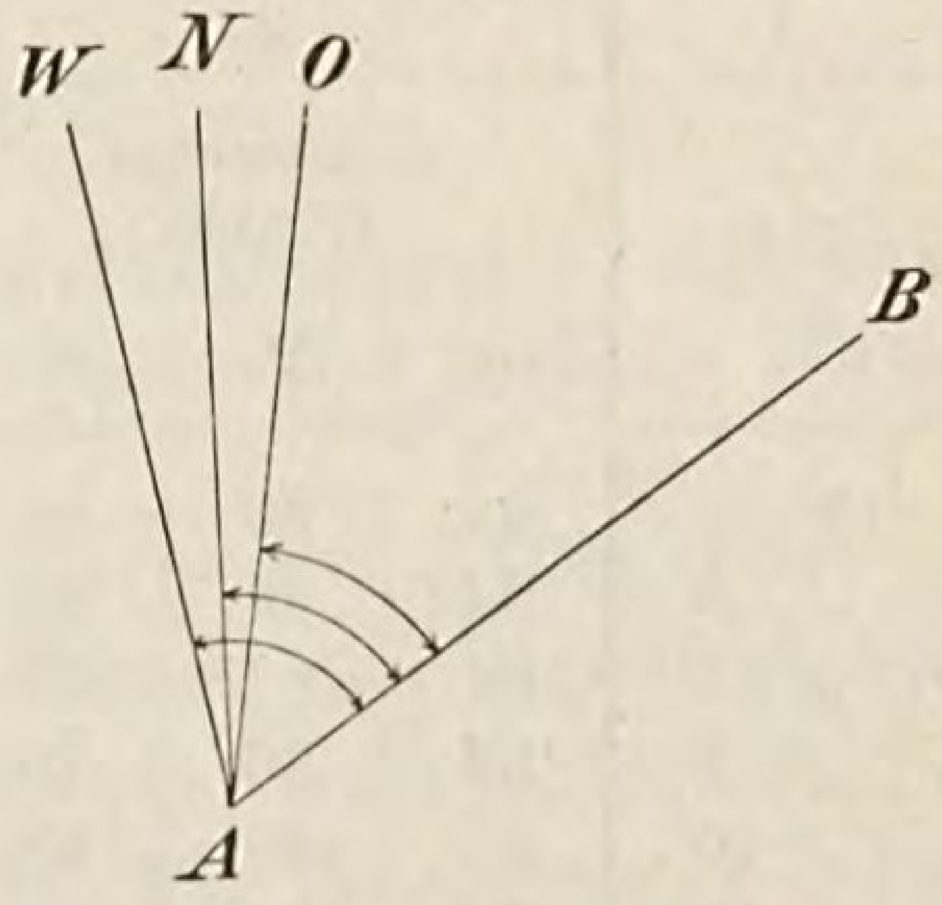


Fig. 333. Messen eines Streichwinkels nach dem ersten Verfahren.

Alle gemessenen Streichwinkel enthalten die Richtungsveränderungen, welche die Magnetnadel während der Messung erleidet. Die erste Messung mag z. B. den Winkel *NAB* ergeben haben (Fig. 333). Bei der zweiten Einstellung sei die Magnetnadel nach Westen abgewichen. In diesem Falle mißt man den Winkel

WAB, der um *WAN* zu groß ist. Bei der dritten Einstellung möge die Nadel aus der Anfangsstellung nach Osten abgewichen sein. In diesem Falle mißt man den Winkel *OAB*, der um den Winkel *NAO* zu klein ist.

Die Abweichungen der Magnetrichtung nach Westen müssen von den gemessenen Winkeln abgezogen, die Abweichungen nach Osten hinzugefügt werden.

Anm. Bei einer westlichen Deklination bedeutet eine Abweichung nach Westen eine Zunahme, eine nach Osten eine Abnahme der Deklination; bei einer östlichen Deklination ist es umgekehrt.

Alle Streichwinkel, die zu einer Orientierung gehören, müssen auf eine bestimmte Richtung der Magnetnadel berechnet werden. Man kann die der ersten Streichwinkelmessung, im obigen Beispiele *AN*, aber auch jede beliebige andere Richtung wählen, die einem bestimmten Skalenpunkt bezw. der diesem Punkte entsprechenden Deklination im benutzten Deklinatorium angehört.

Der Bequemlichkeit wegen wählt man den Skalenpunkt so, daß alle Verbesserungen positiv oder alle negativ werden.

Das folgende Zahlenbeispiel ist einer Messung mit dem Magnetkollimator entnommen. Zur Ausscheidung der Variationen wurde ein Ablesedeklinatorium benutzt, bei dem abnehmende Skalenteile einer Zunahme, zunehmende Skalenteile einer Abnahme der Deklination entsprechen. Der Wert eines Skalenteils des Kollimators = 172″, des Deklinatoriums = 27″.

Der Berechnung ist die dem Skalenpunkte 520 entsprechende Deklination zu Grunde gelegt. Die ersten 5 Winkel wurden in der ersten, die anderen in der zweiten Fernrohrlage gemessen. Den Unterschieden in Spalte 5 ist das Vorzeichen beigefügt, in welchem Sinne sie als Verbesserungen den gemessenen Winkeln zugefügt werden müssen.

Messung des Streichwinkels der Dreiecksseite *AB*.

1	2			3	4	5			6		
Zeit	Gemessener Winkel			Abgelesene Skalenteile im Deklinatorium	Unterschiede gegen 520				Verbesserte Winkel		
	Gr.	M.	S.		Skalenteile	±	M.	S.	Gr.	M.	S.
11ʰ —′	94	36	35	529,5	9,5	+	4	16	94	40	51
„ 3′	94	36	25	529,2	9,2	+	4	8	94	40	33
„ 5′	94	37	05	529,0	9,0	+	4	3	94	41	8
„ 8′	94	36	30	529,0	9,0	+	4	3	94	40	33
„ 10′	94	36	45	528,8	8,8	+	3	58	94	40	33
„ 12′	94	36	50	528,4	8,4	+	3	46	94	40	36
„ 14′	94	36	55	528,1	8,1	+	3	39	94	40	34
„ 16′	94	37	15	528,0	8,0	+	3	36	94	40	51
„ 18′	94	36	30	528,1	8,1	+	3	39	94	40	09
„ 20′	94	36	50	527,9	7,9	+	3	33	94	40	23
								Mittel:	94	40	31

In gleicher Weise wurde das Streichen einer Seite I—II des Grubenpolygons gemessen.

1	2			3	4	5			6		
Zeit	Gemessener Winkel			Abgelesene Skalenteile	Unterschiede gegen 520				Verbesserte Winkel		
	Gr.	M.	S.		Skalenteile	±	M.	S.	Gr.	M.	S.
8^h —′	108	50	40	538,3	18,3	+	8	14	108	58	54
„ 4′	108	50	30	538,1	18,1	+	8	09	108	58	39
„ 7′	108	49	58	538,1	18,1	+	8	09	108	58	07
„ 10′	108	50	35	538,2	18,2	+	8	11	108	58	46
„ 13′	108	50	10	538,9	18,9	+	8	30	108	58	40
„ 16′	108	49	45	539,3	19,3	+	8	41	108	58	26
„ 20′	108	49	30	539,9	19,9	+	8	57	108	58	27
„ 23′	108	49	35	539,8	19,8	+	8	54	108	58	29
„ 26′	108	49	50	539,7	19,7	+	8	52	108	58	42
„ 30′	108	49	15	539,9	19,9	+	8	57	108	58	12
								Mittel:	108	58	32

Berechnung.

Streichen II—I = 108° 58′ 32″
„ *AB* = 94° 40′ 31″
Unterschied = 14° 18′ 1″
Azimut von *AB* = 82° 10′ —″
Azimut von I—II = 96° 28′ 1″

Hätte man im vorstehenden Beispiel statt auf den Skalenpunkt 520 auf 500 berechnet, so würde sich das Streichen

von I nach II zu 109° 3′ 2″
das von *AB* sich zu 94° 45′ 1″ berechnet haben,
der Unterschied = 14° 18′ 1″ bleibt aber derselbe,

und das Schlußergebnis würde auch dasselbe sein.

§ 193. **Zweites Verfahren mit dem Magnetkollimator.** Mit dem Magnetkollimator kann der Streichwinkel noch auf eine andere Weise ermittelt werden.

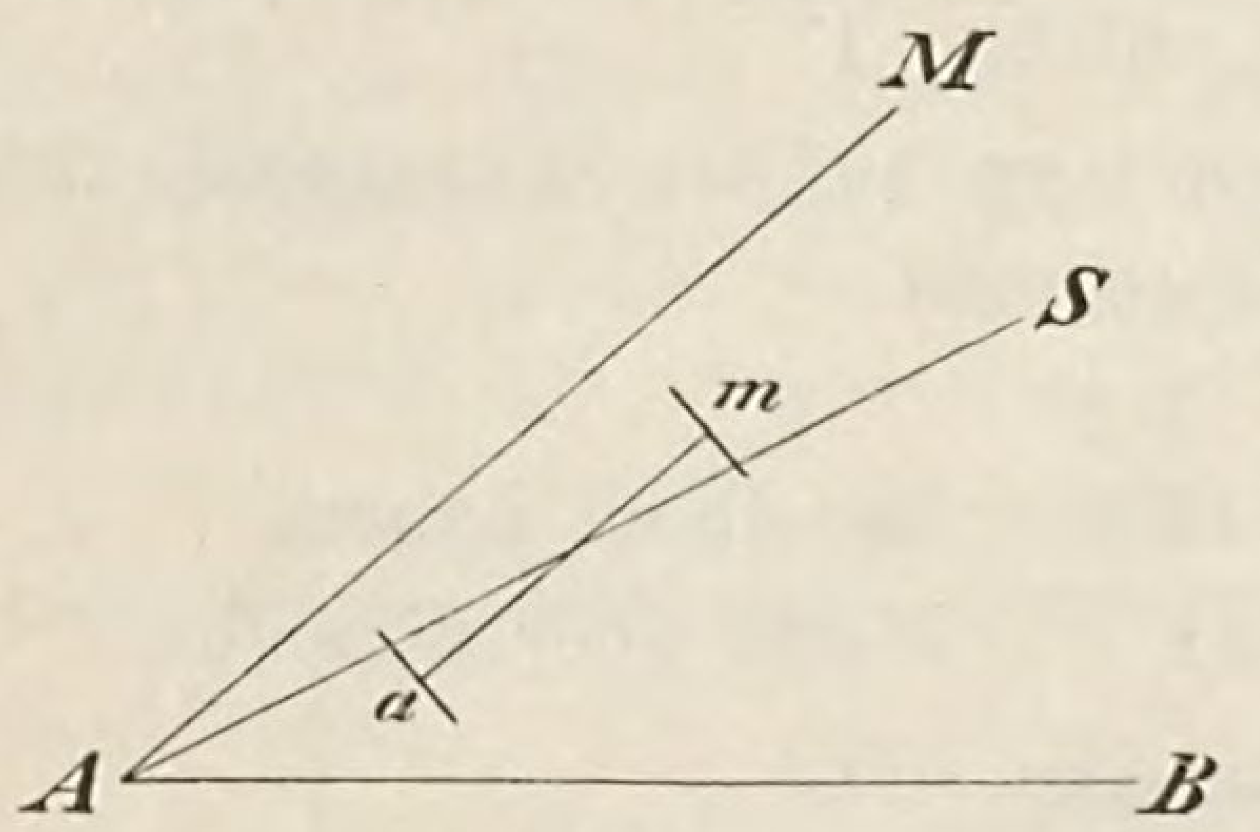
Man stellt den Theodoliten mit dem Kollimator in *A* (Fig. 334) so auf, daß das Fadenkreuz des Fernrohres die Skala des Magnetstabes trifft. Dann klemmt man das Fernrohr fest, nimmt vorläufig den Kollimator wieder weg und bezeichnet die Richtung der Sehachse *AS* des Fernrohres durch irgend ein Signal. Alsdann mißt man den Winkel *SAB* sorgfältig, klemmt das Fernrohr in der Richtung *AS* wieder fest und steckt den Kollimator wieder in das Zapfenloch des Armes ein.

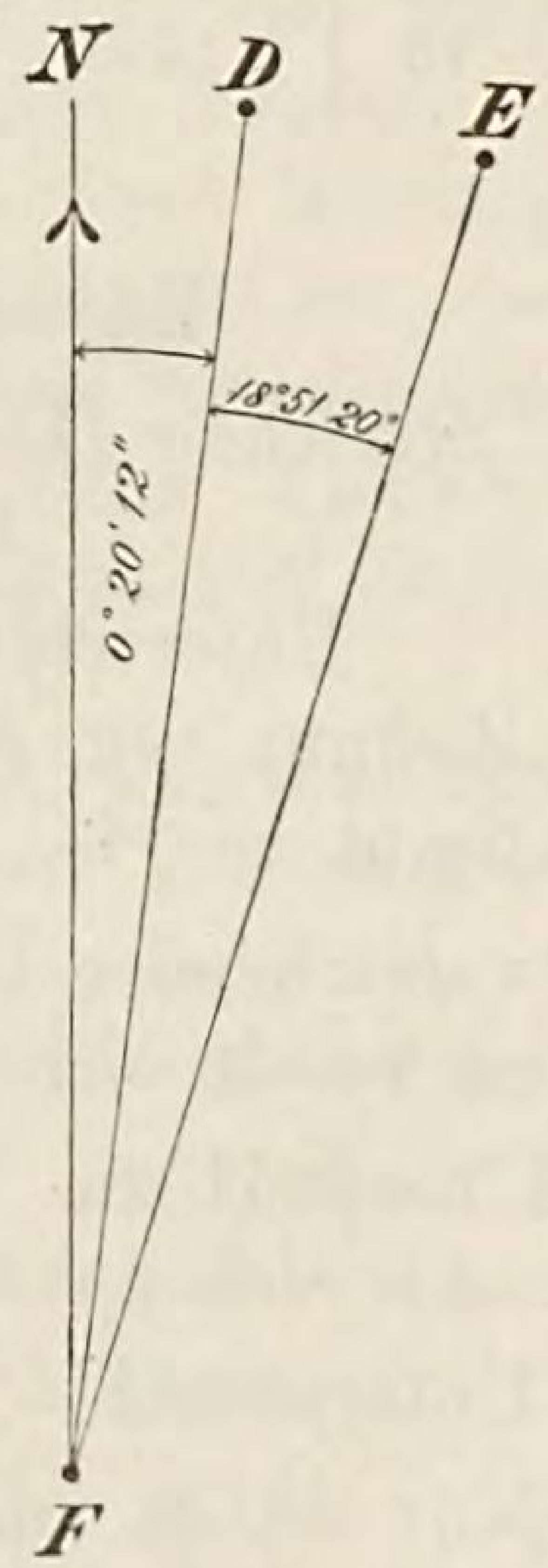
Durch das Fernrohr beobachtet man die Skala. Trifft das Fadenkreuz den Mittelstrich der Skala, so fällt die Sehachse mit der Kolli-

mationslinie des Magnetstabes zusammen, sieht man dagegen den Vertikalfaden des Kreuzes rechts oder links vom Mittelstriche, so weicht die Kollimationsachse östlich oder westlich von der Sehachse AS ab. Bei der Bestimmung der östlichen bezw. westlichen Abweichung darf man nicht vergessen, daß das Skalenbild im Fernrohre umgekehrt erscheint, also links und rechts verwechselt ist.

Der Winkel, den die Sehachse AS und die Kollimationsachse des Magnetstabes am bezw. die Parallele AM einschließen, erhält man aus den vom Mittelstrich an gerechneten abgelesenen Skalenteilen und dem Winkelwerte eines Skalenteiles. Er ist je nach der Lage beider Achsen entweder dem Winkel SAB zuzufügen (wie in Fig. 334) oder von ihm abzuziehen. Die Fig. 334 ist in übertriebenen Verhältnissen gezeichnet. Die Beobachtung der Skala wird aber nicht bloß einmal ausgeführt, sondern eine Zeitlang derartig fortgesetzt, daß in bestimmten Zwischenräumen abgelesen wird.

Dieses Verfahren bietet den großen Vorteil schon beim Streichwinkelmessen durch eigene Beobachtung des Magnetstabes sich überzeugen zu können, ob der Verlauf der täglichen Änderung regelmäßig ist, oder ob Störungen vorliegen.





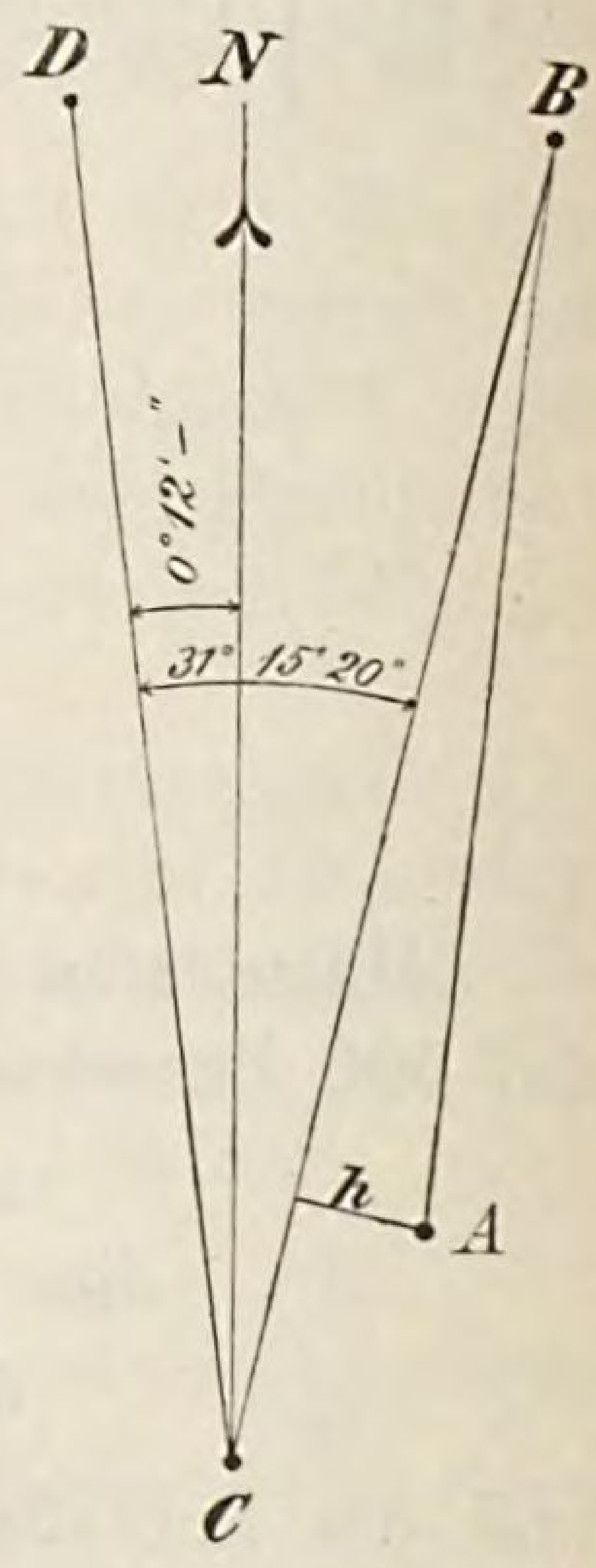


Fig. 334. Fig. 335. Fig. 336.
Messen eines Streichwinkels nach dem zweiten Verfahren.

Ist letzteres der Fall, so wird die Beobachtung so lange fortgesetzt, bis einige Minuten lang der Magnetstab ruhig ist. Der Beobachter am Deklinatorium, der ja die Störungen ebenfalls bemerkt, hat die Weisung, seine Beobachtungen auch so lange fortzusetzen.

Die Variationen des Magneten werden bei diesem Verfahren ebenfalls auf einen bestimmten Stand, der für die ganze Orientierungsmessung maßgebend bleibt, berechnet. Die Ausscheidung der Variationen geschieht folgendermaßen: Haben Fernrohrachse CD und Magnetlinie CN die in Fig. 336 angegebene Lage, so muß eine westliche Abweichung des Magnetstabes aus der Lage CN nach CN_1 dem abgelesenen Winkel N_1CD hinzu-

gefügt, eine östliche Abweichung von dem abgelesenen Winkel abgezogen werden. Haben dagegen die Fernrohrachse *FD* und die Magnetlinie *FN* die in Fig. 335 dargestellte Lage, so wird eine Abweichung des Stabes nach Osten mit positiven, eine nach Westen mit negativen Vorzeichen zur jedesmaligen Ablesung des Winkels *NFD* hinzuzufügen sein.

Im nachstehenden Beispiel einer Orientierungsmessung ist das zweite Verfahren angewendet. Zur Ausscheidung der Variationen wurden die Kurven eines selbstschreibenden Deklinatoriums benutzt und eine Ordinate von 6 mm zu Grunde gelegt. (1 mm gleich einer Minute.) Kleinere Ordinaten als 6 mm entsprechen einer östlichen, größere einer westlichen Abweichung. Der Wert eines Skalenteiles des Kollimators = 172″.

Die Verbesserungen, die sich aus den Abweichungen der Ordinaten gegen 6 mm ergeben, sind in Spalte 5 mit dem entsprechenden Vorzeichen versehen, mit dem sie den Bogenwerten in Spalte 3 hinzuzufügen sind.

Über Tage wurde der Theodolit zentrisch über dem einen Endpunkt *F* der Linie *FE* aufgestellt. Die Richtung der Sehachse des Fernrohres wurde durch das Signal *D* bezeichnet. Der Winkel *DFE* wurde gemessen = 18° 51′ 20″ (Fig. 335).

1	2	3		4	5			6	
Zeit	An der Kollimatorskala abgelesene Skalenteile	Bogenwerte der abgelesenen Kollimatorskalenteile		Von der Kurve abgenommene Ordinaten	Unterschiede der Ordinaten gegen 6 mm in			Verbesserte Bogenwerte	
	1 Teil = 172″	M.	S.	mm	±	M.	S.	M.	S.
2h 4′ —″	6,4	18	20	4,2	+	1	48	20	08
„ 4′ 30″	6,6	18	55	4,7	+	1	18	20	13
„ 5′ —″	6,4	18	20	4,4	+	1	36	20	56
„ 5′ 30″	6,6	18	55	4,6	+	1	24	20	19
„ 6′ —″	6,8	19	20	5,2	+	0	48	20	08
„ 6′ 30″	7,0	20	04	5,7	+	0	18	20	22
„ 7′ —″	6,7	19	12	5,0	+	1	—	20	12
„ 7′ 30″	7,2	20	38	6,2	–	0	12	20	26
„ 8′ —″	7,3	20	55	6,8	–	0	48	20	07
„ 8′ 30″	7,5	21	30	7,3	–	1	18	20	12
							Mittel:	20	12

Berechnung:

Winkel *DFE* = 18° 51′ 20″
dazu der Winkel *NFD* = —° 20′ 12″
giebt das Streichen von *FE* = 19° 11′ 32″

In der Grube (Fig. 336) wurde zum Messen des Streichens von *AB* der Theodolit exzentrisch in *C* aufgestellt. *AB* = 135,64 m, *h* = 0,123. Winkel *CBA* = 3′ 7″ *D* ist das Signal in der Sehachse des Fernrohres und der Winkel *DCB* = 31° 15′ 20″.

1	2	3		4	5			6	
Zeit	An der Kollimatorskala abgelesene Skalenteile	Bogenwerte der abgelesenen Skalenteile		Von der Kurve abgenommene Ordinaten	Unterschiede der Ordinaten gegen 6 mm in			Verbesserte Bogenwerte	
	1 Teil = 172″	M.	S.	mm	+ −	M.	S.	M.	S.
8^h 20′ —″	4,8	13	45	4,5	−	1	30	12	15
„ 20′ 30″	4,8	13	45	4,3	−	1	42	12	03
„ 21′ —″	5,0	14	20	3,8	−	2	12	12	08
„ 21′ 30″	4,5	12	54	5,0	−	1	—	11	54
„ 22′ —″	4,0	11	28	6,4	+	—	24	11	52
„ 22′ 30″	3,8	10	54	7,0	+	1	—	11	54
„ 23′ —″	3,6	10	19	7,8	+	1	48	12	07
„ 23′ 30″	3,4	9	45	8,2	+	2	12	11	57
„ 24′ —″	3,4	9	45	8,1	+	2	06	11	51
„ 24′ 30″	3,2	9	10	8,8	+	2	48	11	58
							Mittel:	12	00

Berechnung (hierzu Figg. 336 u. 337):

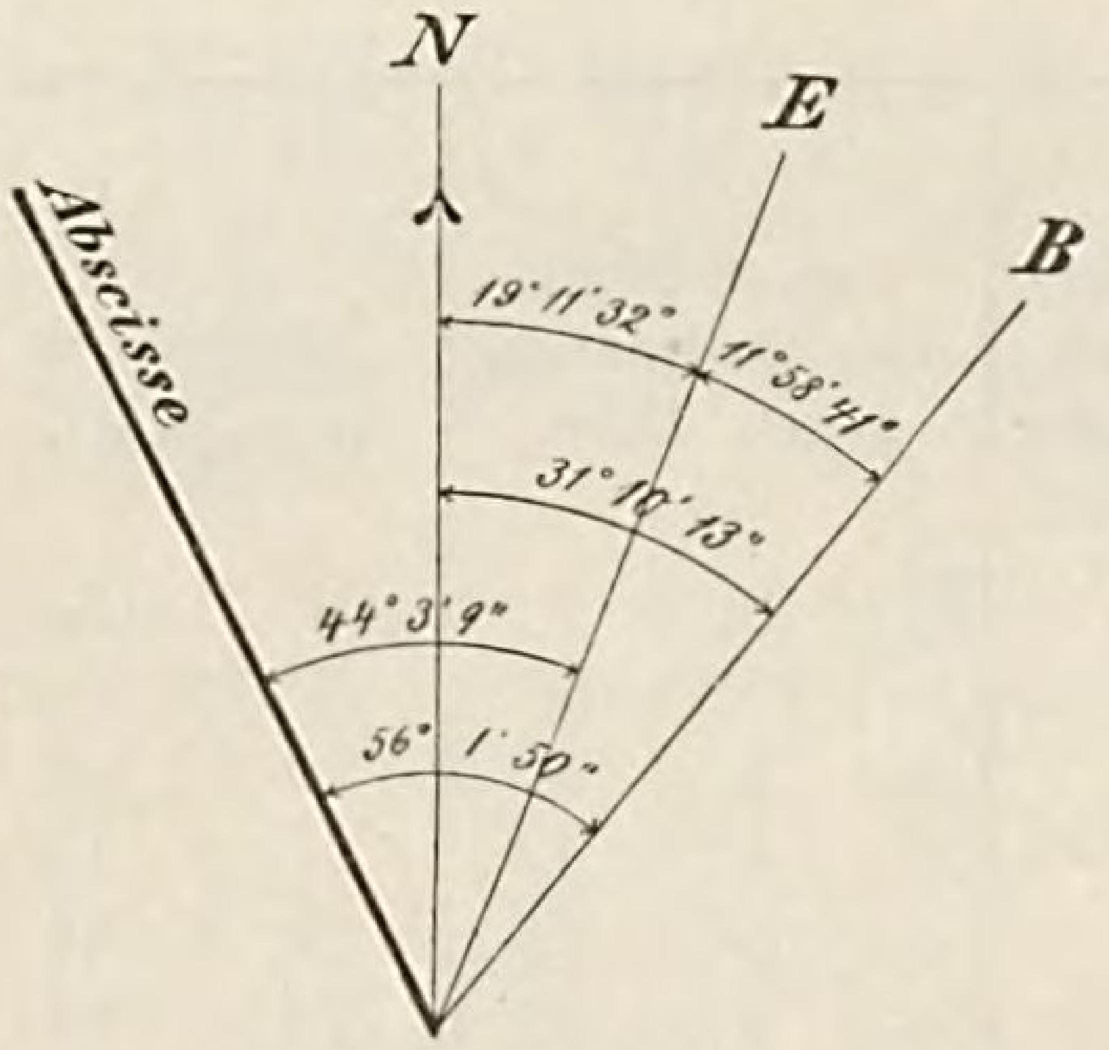


Fig. 337. Ableitung des gesuchten Neigungswinkels.

Winkel DCB = 31° 15′ 20″
Hiervon ab = —° 12′ —″
= 31° 13′ 20″
Wegen exzentrischer Aufstellung ab = —° 3′ 7″
Streichen von AB = 31° 10′ 13″
„ „ FE = 19° 11′ 32″
Unterschied = 11° 58′ 41″
Gegebene Neigung gegen die Abszissenachse von FE = 44° 3′ 9″
Der gesuchte Neigungswinkel von AB = 56° 1′ 50″

§ 194. **Das Bezeichnen der Fernrohrrichtung** bei dem zweiten Verfahren geschieht über Tage durch einen Fluchtstab und dergl., in der Grube sehr zweckmäßig durch ein zweites Fernrohr F_2, dem zum Fernrohr F_1 des Magnettheodoliten die sogenannte Kollimatorstellung gegeben wird, wie sie Fig. 338 zeigt. Das zweite Fernrohr kann einem Theodoliten oder einem Nivellierinstrumente angehören.

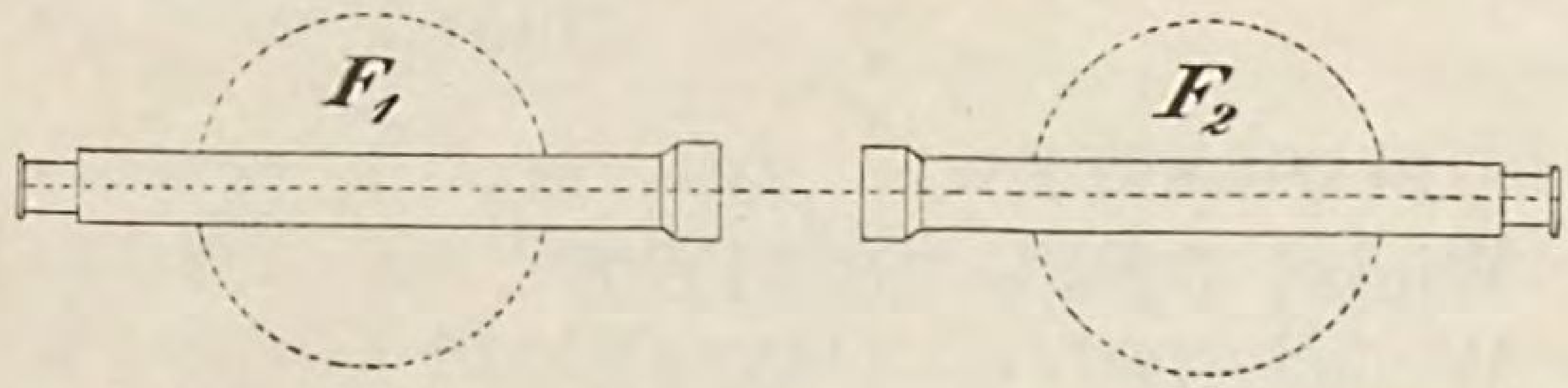


Fig. 338. Kollimatorstellung zweier Fernröhre.

Die Okulare der beiden aufeinander gerichteten Fernröhre werden auf unendliche Sehweite gestellt und man sieht durch jedes der beiden

Rohre ganz scharf das beleuchtete Fadenkreuz des gegenüberstehenden Rohres. Stellt man die beiden Fadenkreuze aufeinander ein, so befinden sich die Sehachsen beider Fernröhre in einer geraden Linie.

Die beiden Fernrohre können hierbei ganz nahe bei einander stehen, was nötig wird, wenn die Magnetrichtung rechtwinkelig zu den Streckenwangen ist, oder auch mehrere Meter entfernt, was nötig werden kann, wenn die zu orientierende Linie nahezu mit der Magnetrichtung zusammenfällt.

Im letzteren Falle kann die Fernrohrrichtung auch durch ein gewöhnliches Lichtsignal bezeichnet werden.

Das Bezeichnen der Fernrohrrichtung kann auch durch die Skala des Magnetstabes selbst geschehen. Klemmt man den Magnetstab fest, so wird man das Skalenbild immer noch durch das Fernrohr beobachten können. Der Skalenstrich, oder einer der vielen auf der Glasplatte befindlichen Staubflecke, die das Fadenkreuz zufällig trifft, ist dann das Signal für die Richtung AS bei dem Messen des Winkels SAB (Fig. 334). Selbstverständlich darf dann die Magnetrichtung mit der zu orientierenden Linie nicht nahezu zusammenfallen, da sonst das Signal B durch das Kästchen verdeckt wird. Dieses sehr bequeme Verfahren ist nur dann zuverlässig, wenn man sich überzeugt hat, daß der festgeklemmte Magnetstab bei geringen Erschütterungen seine Lage beibehält.

§ 195. **Messen des Winkelwertes eines Skalenteiles.** Man klemmt den Magnetstab in einer solchen Stellung fest, daß die Skala noch mit dem Fernrohre gesehen werden kann und mißt den Wert eines Skalenteiles unmittelbar, oder, was viel richtiger ist, man mißt den Winkelwert von n Skalenteilen und teilt den erhaltenen Wert durch n.

§ 196. **Die Aufstellung des Magnettheodoliten.** Der Magnettheodolit muß zunächst an einer eisenfreien Stelle aufgestellt werden. Hierzu eignen sich die Strecken ohne eiserne Schienen am besten. Sind diese nicht vorhanden, so verlegt man den Aufstellungspunkt vor einen frischen Ortsstoß, weil das Schienengestänge meist nicht bis vor Ort nachgeführt wird oder doch nur wenige Schienen aufgenommen werden müssen.

Muß der Magnettheodolit mitten in einer mit Schienen belegten Strecke aufgestellt werden, so sind die Schienen auf eine Länge von 30 bis 35 Meter vom Aufstellungspunkte aus gerechnet, nach beiden Seiten hin aufzunehmen. Die weitere Länge ist zu wählen, wenn die Schienen rechtwinkelig zum Magneten, die kürzere, wenn sie parallel der Magnetrichtung liegen.

Man darf sich indes niemals mit der Messung des Streichwinkels auf einer Stelle begnügen. Ist z. B. ab (Fig. 339) die zu orientierende Polygonseite, so wird der Theodolit außer in a auch noch einige Meter

vor und rückwärts in *c* und *d* aufgestellt und das Streichen der Linien *ab*, *cb* und *db*, sowie die Größe der Winkel *cba* und *abd* gemessen.

Hierdurch erreicht man neben der wünschenswerten Wiederholung der Streichwinkelmessung zugleich eine Prüfung der Eisenfreiheit der Aufstellungspunkte.

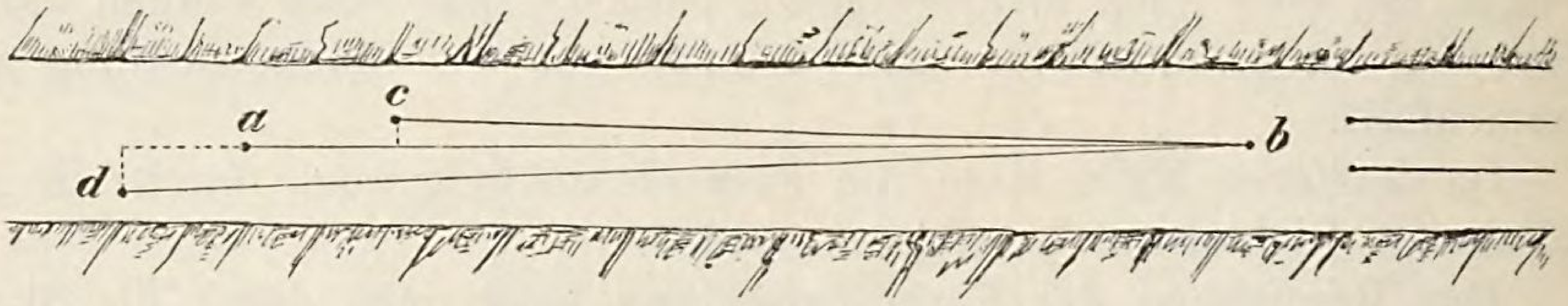


Fig. 339. Richtwinkelmessung in der Grube.

Die sämtlichen Magnettheodoliten lassen sich auf die eine oder andere Weise leicht zentrisch aufstellen, nur der mit dem Magnetkollimator versehene Theodolit bereitet Schwierigkeiten. Diese werden dadurch verursacht, daß der Arm des Dreifußes, an dem der Kollimator befestigt ist, ziemlich genau in der Magnetrichtung stehen muß.

Beim Beginn der Aufstellung ist das Fernrohr in die Richtung des angeschraubten Armes zu bringen, dann setzt man eine Kastenbussole auf die Kippachse und dreht den Theodolitdreifuß, so lange bis die Magnetnadel einspielt. Diese Stellung der Bussolennadel und zugleich die horizontale und zentrische Lage des Theodoliten herbeizuführen ist zeitraubend und sehr schwierig, während eine exzentrische Aufstellung keine Mühe macht. Die Zentrierung des exzentrisch gemessenen Winkels erfolgt nach § 48 Fig. 104. (Vergl. auch § 193 Beispiel II Fig. 336.)

Sollte eine Kastenbussole nicht vorhanden sein, so schleift man eine Schnur an das Zapfenloch des Armes und hängt einen Grubenkompass daran. Der Theodolit wird nun so lange gedreht, bis Arm und Schnur in einer geraden Linie sich befinden und zugleich die Nadel des angehängten Kompasses auf den Nordpunkt einspielt.

§ 197. Die Prüfung der Magnettheodoliten und der Deklinatorien. Die Richtigkeit einer Magnetorientierung ist auch mit davon abhängig, daß während ihrer Dauer weder an dem benutzten Deklinatorium noch an dem Magnettheodolit irgend etwas sich änderte.

Diese Prüfung führe ich auf folgende Weise aus. (Fig. 340.) An einer geeigneten Stelle ist eine ca. 100 Meter lange Linie *AB* fixiert, die nahezu mit der Magnetrichtung zusammenfällt und deren Azimut bekannt ist. In der Nähe des einen Endpunktes *A* und ungefähr in der Verlängerung von *AB* steht ein Bretterhäuschen oder sonstige Schutzvorrichtung gegen Wind und Wetter, in dem der Magnettheodolit *M* aufgestellt wird. Aus dem Streichen von *MB*, das mit dem Kollimator nach dem zweiten Verfahren ermittelt wird, aus der bekannten Länge von *AB* und dem jedesmal gemessenen rechtwinkeligen Abstande *h* kann das

Streichen von *AB*, ohne das lästige Zentrieren des Theodoliten, gefunden werden.

Vor Beginn und nach Vollendung jeder Orientierung wird das Streichen von *AB* ermittelt, und wenn beide Werte mit Berücksichtigung der Variationen stimmen, so ist anzunehmen, daß sowohl am Magnettheodolit als auch am benutzten Deklinatorium alles in Ordnung geblieben ist.

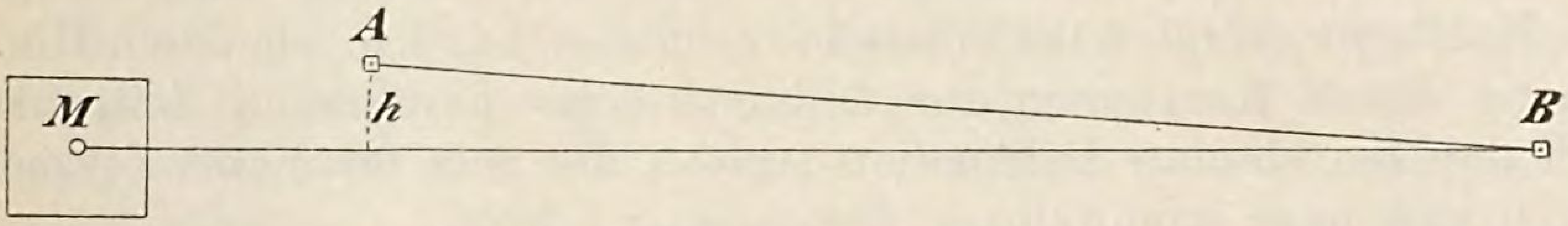


Fig. 340. Prüfung des Magnettheodoliten.

Die Variationsdeklinatorien werden außerdem noch überwacht durch das Bestimmen der absoluten Deklination. Darunter versteht man den Winkel, den die magnetische Achse eines Magnetstabes mit dem örtlichen astronomischen Meridiane macht. Das Bestimmen der absoluten Deklination ist die Ermittelung dieses Winkels. Sie gilt immer nur für einen bestimmten Zeitpunkt und auch nur für einen bestimmten Magnetstab.

Die absolute Deklination kann mit jedem Magnettheodoliten bestimmt werden, dessen Magnetstab sich umlegen läßt, wie z. B. mit dem SCHMIDTschen aufsetzbaren Spiegeldeklinatorium und mit dem Magnetkollimator. Die Spiegelnormale bei dem einen Instrumente und die Kollimationsachse bei dem anderen fallen selten mit der magnetischen Achse des Stabes zusammen. Beobachtet man das Streichen der Meridianlinie in zwei verschiedenen Lagen, so erhält man zwei Werte, deren Mittel die absolute Deklination ist. Der Unterschied des Mittelwertes von jedem der beiden Beobachtungswerte ist gleich dem Kollimationswinkel.

Hierbei ist zu beachten, daß nicht alle Magnetsäbe an derselben Stelle eine gleiche absolute Deklination ergeben. Außerdem habe ich gefunden, daß die Stäbe einiger Magnetkollimatoren, nach einer geringen Verdrehung der Linse in der zwischen den Lamellen sitzenden Fassung, nicht bloß einen anderen Kollimationsfehler, sondern auch eine andere absolute Deklination zeigten. Linse und Skala sind deshalb fest zu verkitten.

Kennt man erst den Kollimationsfehler eines Stabes, so genügt zur Bestimmung der absoluten Deklination die Beobachtung in einer Lage.

Es ist zweckmäßig, mehrere Deklinatorien zur Verfügung zu haben, die von Zeit zu Zeit verglichen werden. Jeder Magnetstab wird hierbei nur in einer Lage beobachtet, und man erhält für jeden Stab eine verschiedene Deklination. Der einmal ermittelte Unterschied dieser Werte wird aber derselbe bleiben, solange alles an den Vorrichtungen in Ordnung geblieben ist.

Die Überwachung der Variationsdeklinatorien (Variometer) nach der absoluten Deklination geschieht folgendermaßen:

Bei dem Variometer mit Spiegel und Skala überzeugt man sich, ob der Normalpunkt der Skala (vergl. § 182) derselbe geblieben ist, d. h. ob die aus einer Ablesung mit Berücksichtigung des Normalpunktes sich ergebende absolute Deklination dieselbe geblieben ist, wie die durch eine neue unmittelbare Bestimmung erhaltene.

Bei dem selbstschreibenden Deklinatorium überzeugt man sich, ob die Konstante (vergl. § 184) dieselbe geblieben ist, d. h. ob durch Hinzufügung dieser Konstanten zur Ordinate eines bestimmten Zeitpunktes sich dieselbe absolute Deklination ergiebt, die man für diesen Zeitpunkt durch eine neue unmittelbare Bestimmung erhielt.

§ 198. Von den beiden obigen Beispielen einer Magnetorientierung ist eines mit Benutzung des Ablesedeklinatoriums, das andere mit Hilfe der Kurven eines selbstschreibenden Deklinatoriums ausgefürt. Man erhält, wenn keine wesentlichen magnetischen Störungen vorliegen, mit beiden Deklinatorien gute Werte, wenn die Kurven scharf gezeichnet und die Zeitabszissen mit Sicherheit bestimmt worden sind. Heftige Störungen machen meist die Orientierungen ganz unbrauchbar. Die Benutzung der Kurven giebt dann wegen der Unsicherheit in der Bestimmung der Zeitabszisse sehr ungenaue Werte und das Ablesedeklinatorium nur dann brauchbare Ergebnisse, wenn sehr gute Uhren zur Verfügung stehen.

Unter normalen Verhältnissen ist das Ablesedeklinatorium vorzuziehen, weil es die erforderlichen Zahlenwerte unmittelbar und genau giebt, es ist auch sicherer, weil das selbstschreibende mancherlei, die Entstehung der Kurven gefährdenden Zufälligkeiten ausgesetzt ist. Eine etwas matt brennende Lampe, ein kleines Versehen beim Entwickeln der Kurve und dergl. kann schon viel verderben.

Das selbstschreibende Deklinatorium ist aber von großem Nutzen für die Beurteilung der Streichwinkelmessung. Fällt diese nämlich nach Ausweis einer Kurve auf eine starke Störung, wo ein geringer Zeitunterschied beim Einstellen des Magnettheodoliten und beim Ablesen des Deklinatoriums schon verderblich werden kann, so wird man diese Messung entweder ganz verwerfen, oder doch mit einer geringeren Gewichtszahl einführen. Zeigten dagegen die Kurven einen ungestörten Verlauf der Variationen an, so ist die Streichwinkelmessung als zuverlässig anzusehen.

§ 199. **Genauigkeit der Magnetorientierungen.** Die Magnetorientierungen ergeben bei der Beobachtung aller Vorsichtsmaßregeln und beim richtigen Behandeln der Orientierungsinstrumente gute Werte. Der Verfasser hat vorwiegend mit dem Magnetkollimator gearbeitet und bis in

die neueste Zeit damit zahlreiche vorzügliche Ergebnisse erzielt. Als ein Beispiel für viele mag der letzte Durchschlag (1892) des Oberharzer Ernst-August-Stollns dienen, bei dem zwei je 1500 Meter lange Gegenörter von tonnlägigen Schächten aus durch Magnetorientierung zusammengeführt wurden. Nach erfolgtem Durchschlag wurde die Richtung der letzten Polygonseite in dem einen Gegenort mit der im anderen Gegenort durch eine Verbindungsmessung verglichen, der Unterschied betrug 1 Min. 8 Sek.

Es läßt sich nicht bestreiten, daß der Kollimator ein empfindliches Instrument ist und seine sichere Handhabung erst nach einiger Übung erlernt wird, dann aber wird man für die Mühe auch durch gute Ergebnisse belohnt.

Der geringe Zeitaufwand und die geringe Mühe, welche die Magnetorientierung überhaupt, namentlich aber das zweite Verfahren mit dem Kollimator erfordert, haben dahin geführt, daß die Markscheider, die sich einmal mit ihr vertraut gemacht haben, sie auch da anwenden, wo nach der Lotmethode orientiert werden könnte.

§ 200. Das Deklinatorium darf nicht zu weit von dem Orte entfernt sein, wo die Richtwinkelmessung vorgenommen wird, da die Intensität der Amplitude und der Störungen mit der Ortslage wechselt und die Maxima und Minima der Variationen von der Ortszeit abhängen.

Die Frage, auf welche Entfernung ein Deklinatorium bei Orientierungsmessungen mit gutem Erfolge henutzt werden kann, ist im einzelnen Falle durch vergleichende Beobachtungen zu lösen.

Um wenigstens im allgemeinen eine Anschauung zu erhalten, habe ich von den selbstschreibenden Deklinatorien Wilhelmshaven, Potsdam, Klausthal und Beuthen die Kurven für den Zeitraum vom 6. bis 16. August 1893 in gleichem Zeit- und Ordinatenmaßstabe für mitteleuropäische Zeit nebeneinander gezeichnet, von denen die Fig. 340 drei (*I*, *II*, *III*) Abschnitte von je 8 Stunden wiedergiebt.

In dem Zeitraume vom 6. bis 16. August ist der Verlauf der Magnetbewegung ungefähr folgender. Am 6. zwischen 4 und 5 Uhr morgens tritt eine plötzliche Störung ein, die sich immer mehr verstärkt und in der Zeit von 10 Uhr abends bis zum 7. 6 Uhr morgens in heftigen Änderungen ihren Höhepunkt erreicht (Fig. 340 *I*). Die Kurven werden dann zusehends ruhiger und die vom 9. August ist ohne jede Störung (*II*). Mit dem 12. August beginnen die Kurven wieder unruhig zu werden (*III*), es treten am 13. morgens zwischen 12 und 1 Uhr kräftige Störungen auf, aber nach und nach beruhigt sich der Magnet und die Kurven vom 16. August sind wieder fast ohne jede Störung.

Die Kurven sind so gezeichnet, daß ein Millimeter Ordinatenlänge gleich einer Bogenminute ist und für jede Kurve ist eine andere Konstante zu der gemeinschaftlichen Basis gewählt. Wenn an allen vier Orten

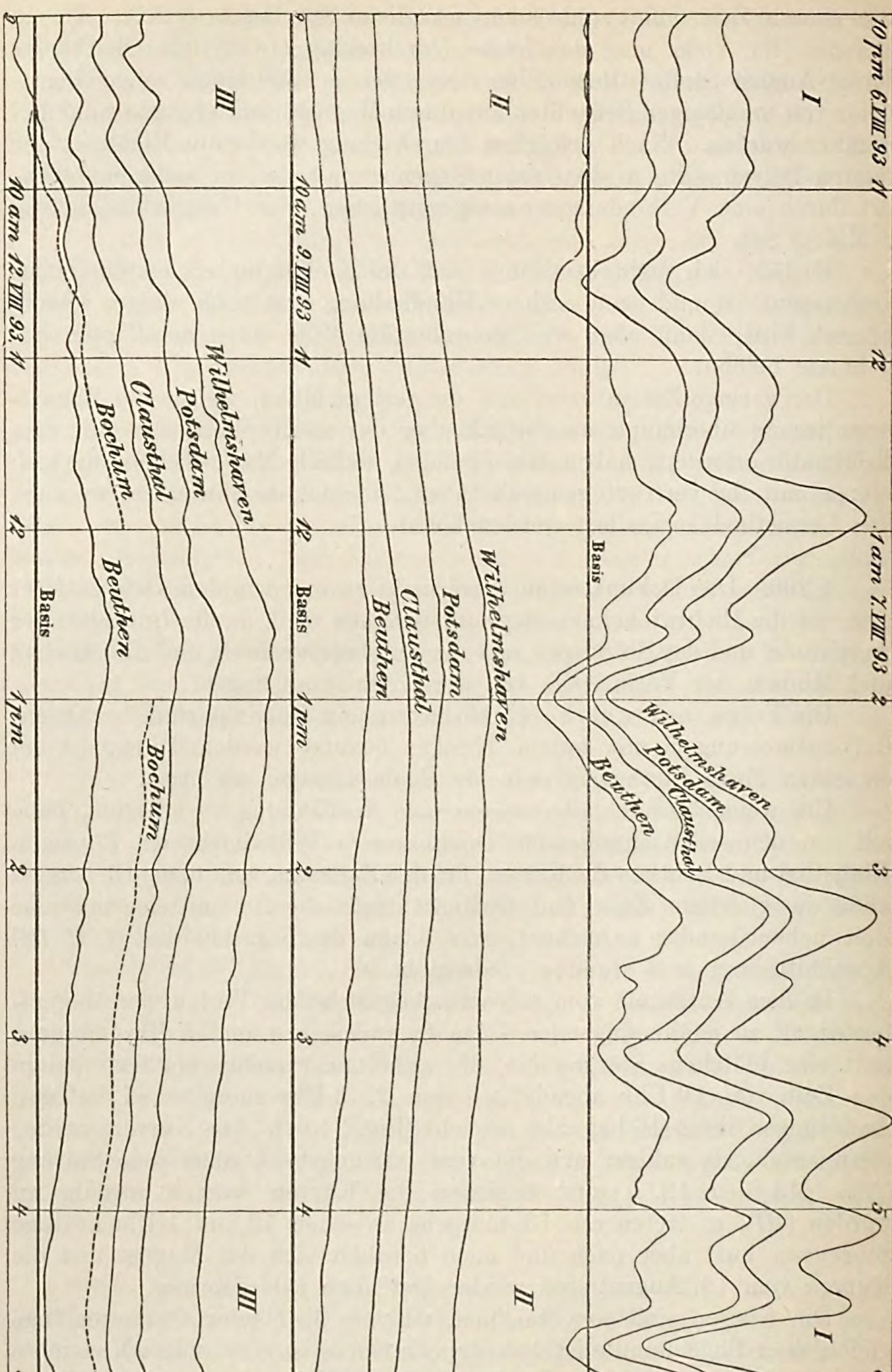


Fig. 341. Zusammenstellung gleichzeitiger Kurven der Deklinatorien zu Wilhelmshaven, Potsdam, Klausthal und Beuthen.

die Deklination immer gleich gewesen wäre, so müßten alle vier Kurven unter sich parallel sein. Dies ist aber wegen der verschiedenen Breiten- und Längengrade, in denen die vier Deklinatorien liegen, nicht zu erwarten. Die abgerundeten geographischen Koordinaten derselben sind nachstehend aufgeführt und zugleich die von Bochum, von wo in Fig. 341 (*III*) ebenfalls eine aus Ablesungen abgeleitete Kurve eingezeichnet ist.

Wilhelmshaven	53° 32′	n. Br.	25° 53′	ö. L.
Potsdam	52° 25′	„ „	30° 45′	„ „
Klausthal	51° 48′	„ „	28° —′	„ „
Beuthen	50° 21′	„ „	36° 35′	„ „
Bochum	51° 28′	„ „	24° 57′	„ „

Bei den Störungen sind die Abweichungen zwischen den nördlichen und südlichen Deklinatorien (namentlich zwischen Wilhelmshaven und Beuthen) sehr in die Augen fallend (*I*), die Abweichungen in der Amplitude, die nur in den unter *II* und *III* dargestellten Kurven beobachtet werden können, betragen nur wenige Minuten und treten bei dem kleinen Maßstabe der Fig. 341 nicht stark hervor. In Fig. 341 (*II*) ist zu erkennen, daß das Minimum am Morgen und das Maximum am Mittag bei den östlicher gelegenen Deklinatorien früher eintritt. Der Zeitunterschied gegen Beuthen beträgt für Potsdam 23, für Klausthal 34, für Wilhelmshaven 42 und für Bochum 47 Minuten.

Der Verlauf von ungestörten Kurven ist dagegen in der Zeit von 5 Uhr nachmittags bis 6 Uhr morgens bei allen vier Deklinatorien parallel.

Aus dem Vorstehenden ist folgende Regel zu entnehmen:

Entfernte Deklinatorien benutze man bei genauen Magnetorientierungen nur dann, wenn die Messungen abends oder nachts ausgeführt sind und wenn während dieser Zeit keine Störungen auftraten. Da man das Auftreten der Störungen nicht vorher wissen kann, so sind die unter solchen Umständen ausgeführten Messungen zu verwerfen und zu wiederholen.

In der Zeit von 6 Uhr morgens bis mittags 3 Uhr sollte man nur dann Magnetorientierungen vornehmen, wenn das Deklinatorium in unmittelbarer Nähe ist.

§ 201. **Anderweitige Orientierungsmessungen.** Bis jetzt wurde der seltenere Fall besprochen, daß ein noch gar nicht orientiertes Grubenpolygon gegen das Dreiecksnetz über Tage richtig gelegt werden sollte. Viel häufiger ist die Orientierung bei den Nachtragsmessungen erforderlich. Auch hier kann man die drei Fälle unterscheiden.

Sind die beiden Endpunkte einer Polygonseite (am besten der letzten) des älteren Zuges noch erhalten, so schließt der neue Zug unmittelbar an und bildet gewissermaßen die Fortsetzung des älteren Zuges. Dieser Fall entspricht dem Anschluß durch einen Stolln.

Die unversehrte Erhaltung von Grubenpolygonpunkten ist aber selten. Nur in ganz festem Gestein, wie es in den Erzbergwerken häufiger anzutreffen ist, bleiben die Markscheiderzeichen lange Zeit unversehrt. In vielen Gruben kann man wohl die Zeichen erhalten, aber sie sind kleinen Verschiebungen ausgesetzt, so daß man an eine durch solche Zeichen fixierte Polygonseite nicht anschließen kann ohne eine Verschwenkung des neuen Zuges befürchten zu müssen.

Sind zwei einigermaßen sichere Schlußzeichen vorhanden, die weit voneinander entfernt sind, so wird man die Orientierung durch Einrechnung bewirken können, wie sie beim Vorhandensein zweier Schächte angewendet wird (§ 172).

Am häufigsten tritt bei den Nachtragungen der Fall ein, daß nur ein Anschlußpunkt erhalten ist.

Die Orientierung kann dann durch das Lotverfahren oder durch den Magneten erfolgen, wenn die Beschaffenheit des Nebengesteines dies zuläßt.

Ist die nachzutragende Strecke nicht weit vom Schachte entfernt, so sind beide Methoden verwendbar. Mit zunehmender Entfernung des Anschlußpunktes von dem Schachte, wenn also die durch Lote erreichte Orientierung einer Seite erst durch einen langen Polygonzug bis zum Anschlußpunkt hingebracht werden muß, ist die Anwendung des Magneten unbedingt vorzuziehen.

Hierbei leisten die Kurven eines selbstschreibenden Deklinatoriums die besten Dienste, da der Markscheider nicht im voraus wissen kann, wie viele solcher Orientierungen und zu welcher Zeit sie auszuführen sind, die Benutzung eines Ablesedeklinatoriums demnach ausgeschlossen ist. Ferner erheischen solche Nachtragsorientierungen nicht eine solche Sorgfalt, wie sie bei Durchschlagszügen erforderlich sind. Zur Streichwinkelmessung ist in diesem Falle der Breithauptsche Magnettheodolit oder eine aufsetzbare Kastenbussole anzuwenden, weil sie am leichtesten mitzuführen sind.

Sind gar keine Markscheiderzeichen vorhanden, so kann man sich unter Umständen auf folgende Weise helfen. Man mißt im Anschluß an die Nachtragungen einen Teil der bereits vermessenen und auf dem Risse aufgezeichneten Strecke nochmals, zeichnet die Zulage des ganzen Zuges auf Pauspapier und legt sie auf den Riß. Waren die Formen des älteren Streckenteiles beide Male gut aufgenommen und sind scharf hervortretende Anhaltspunkte, Streckenkreuze, scharfe Ecken und dergl., vorhanden, so ist eine ziemlich genaue mechanische Orientierung des Nachtragszuges möglich.

Elftes Kapitel.

Die Tachymetrie.

§ 202. Unter Tachymetrie oder Schnellmessung versteht man das Verfahren, von einem Punkte aus mit einem und demselben Instrumente zugleich die grundrißliche und die Höhen-Lage von Punkten zu bestimmen.

Ein Instrument zur Ausführung einer solchen Messung nennt man einen Tachymeter. Man fertigt diese Tachymeter in verschiedenen Konstruktionen, die wieder den verschiedensten Methoden der Tachymetrie entsprechen.

Alle solche Instrumente müssen, abgesehen von besonderen Einrichtungen, zum Messen von Horizontal- und Vertikalwinkeln eingerichtet sein und ein Fernrohr mit distanzmessendem Fadenkreuz besitzen.

Jeder Markscheidertheodolit und jede mit Höhenkreis versehene Bussole, dessen Fernrohr ein distanzmessendes Fadenkreuz hat, kann zur Tachymetrie verwendet werden und genügt zusammen mit einer gewöhnlichen Nivellierlatte zur Anwendung derjenigen Methode, die für Vermessungszwecke am besten geeignet ist.

Bei dieser Methode wird ein Okularfäden-Distanzmesser mit gleichbleibender Bildgröße und eine senkrecht gehaltene Latte angewendet.

Von diesem Verfahren wird hier allein die Rede sein und wegen anderer Methoden und anderer Instrumente auf die Lehrbücher der Vermessungskunde verwiesen.

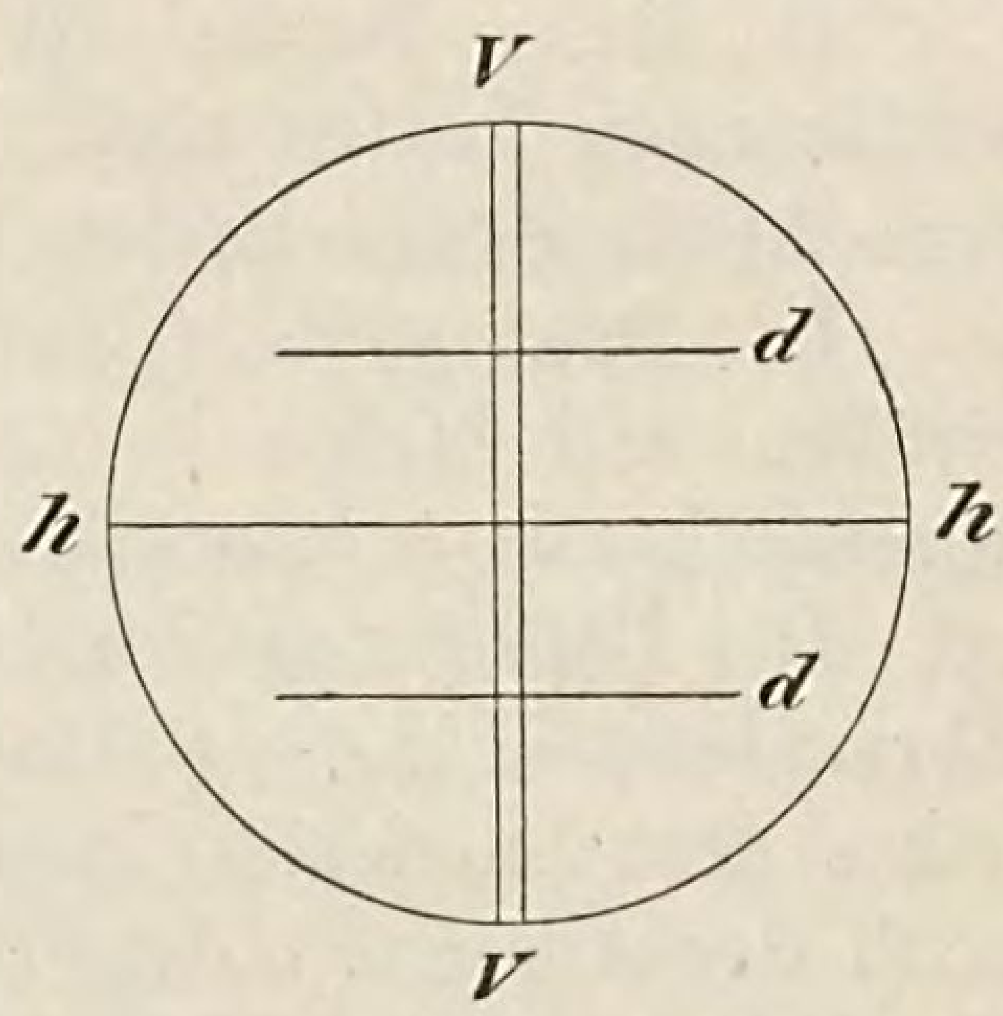


Fig. 342. Distanzmessendes Fadenkreuz.

Das distanzmessende Fadenkreuz (Fig. 342) ist meist auf ein planparalleles Glasplättchen eingeschnitten und hat außer den üblichen sich kreuzenden Strichen *V* und *h* noch zwei horizontale und parallele Striche *dd*, von denen jeder einen gleichen Abstand von dem mittleren Horizontalstrich hat.

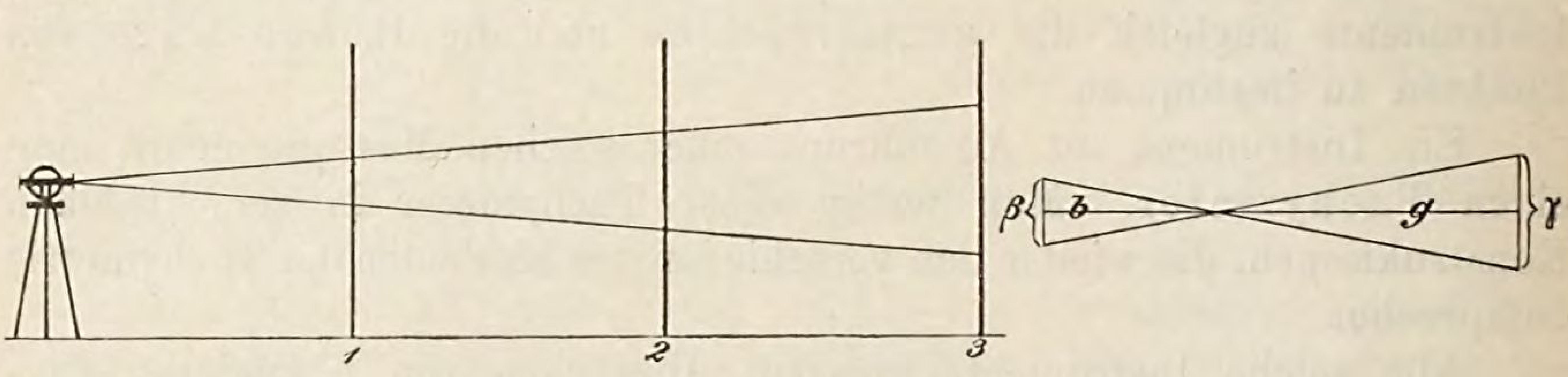
Richtet man das horizontale Fernrohr auf eine in verschiedenen Entfernungen (1. 2. 3 in Fig. 343) aufgestellte senkrecht gehaltene Latte, so wird man bei größerer Entfernung ein größeres, bei kleinerer Entfernung ein kleineres Stück der Latte zwischen den beiden Horizontalfäden sehen. Die Größe des zwischen den Distanzfäden gesehenen Lattenstückes ist von der Entfernung des Aufstellungspunktes abhängig und darauf gründet sich die Distanzmessung.

In der dioptrischen Hauptformel

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$$

ist f die Brennweite des Objektivs, g die Entfernung des angezielten Gegenstandes vom Objektiv, die Gegenstandsweite, und b die Entfernung des reellen Bildes vom Objektiv, die Bildweite.

Obige Gleichung kann man umformen in $g - f = f\frac{g}{b}$.



Figg. 343 u. 344. Theorie der Tachymetrie.

Es verhält sich aber $g:b = \gamma:\beta$ (Fig. 344), wenn unter γ die Gegenstandsgröße unter β die Bildgröße verstanden wird, mithin kann man für $\frac{g}{b}$ setzen $\frac{\gamma}{\beta}$ und die Formel lautet dann

$$g - f = f\frac{\gamma}{\beta}$$

d. h. die vom vorderen Brennpunkte des Objektivs an gerechnete Entfernung eines Gegenstandes ist gleich der Brennweite des Objektivs, multipliziert mit dem Verhältnis der Gegenstands- und Bildgröße.

In dieser Formel ist γ gleich dem zwischen den Distanzfäden erscheinenden Lattenstück l, und β ist gleich der Bildgröße von l, d. h. dem Abstand der beiden Distanzfäden.

Die Brennweite f und die Bildgröße β sind bekannte gleichbleibende Größen und bilden in der Formel einen konstanten Faktor, der herkömmlich mit k bezeichnet wird und gleich 100 ist.

Die Entfernung der Latte vom Objektiv ist bei wagerecht gestelltem Fernrohr $g = kl + f$. Da ferner die Entfernung stets von der Mittelachse des zentrierten Instrumentes angegeben werden soll, so muß zu f noch der Abstand a des Objektivs von der Kippachse hinzugefügt werden. Die Summe $f + a$ bildet die Konstante c, die jedem Instrumente eigentümlich und vom Verfertiger meistens am Fernrohre eingeschnitten ist.

Die Formel für die Entfernung bei horizontalem Fernrohr ist nunmehr

$$g = c + kl.$$

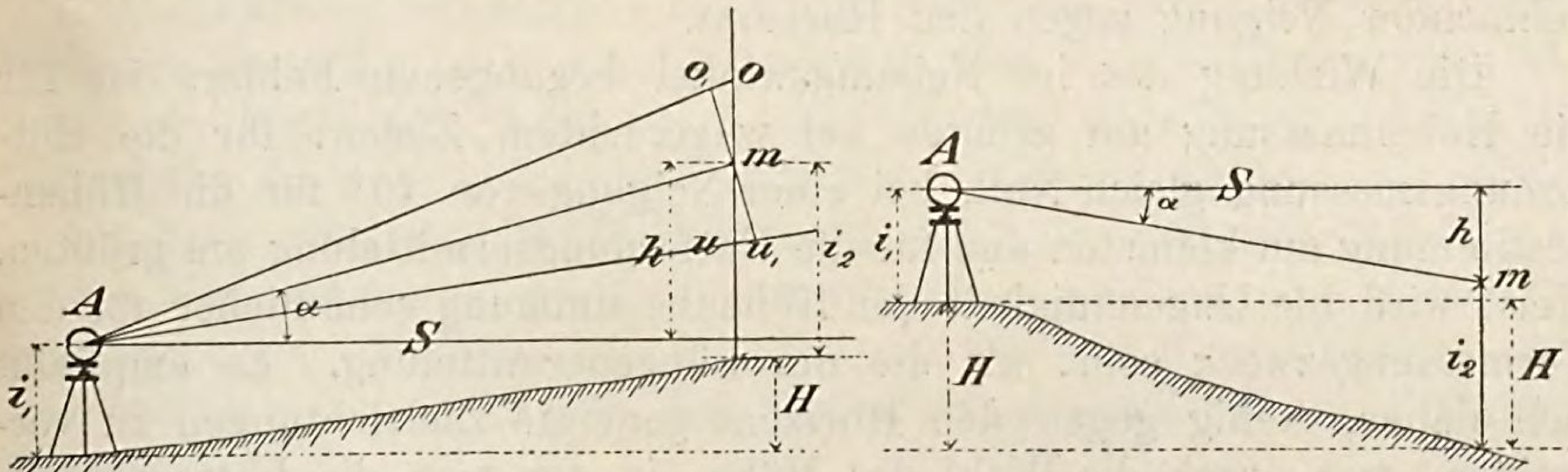
Wird die senkrechte Latte mit gekipptem Fernrohre angezielt, so wird (Fig. 345) das Lattenstück $ou = l$ zwischen den Distanzfäden gesehen. Für die Ermittelung der Länge Am ist aber die Linie $o_1 u_1 = l_1$

erforderlich, die rechtwinkelig auf der Ziellinie Am steht. Es ist nun sehr angenähert $l_1 = l \cos\alpha$ und $Am = c + kl \cos\alpha$, worin α der Neigungswinkel der Ziellinie ist. Man will aber nicht die Länge Am, sondern deren Projektion S haben, und muß deshalb den Ausdruck für Am noch mit $\cos\alpha$ multiplizieren:

$$S = c \cos\alpha + kl \cos^2\alpha.$$

Die Länge von c ist nicht erheblich, sie wird bei dem Markscheidertheodoliten selten 0,3 m überschreiten; ferner ist die Genauigkeit der Distanzmessung nicht groß. In Anbetracht dieser Thatsachen wird der Unterschied zwischen $c \cos\alpha$ und $c \cos^2\alpha$ vernachlässigt werden können und die Formel ist nunmehr $S = (c + kl) \cos^2\alpha$, die auch den tachymetrischen Hilfstafeln von Dr. W. Jordan, Stuttgart 1880, zu Grunde gelegt ist.

Ist die Konstante c eines Instrumentes nicht bekannt, so ist sie leicht durch Versuche zu finden. Man mißt einige horizontale Längen mit dem Meßband und mit dem Tachymeter und sieht nach, wie viel zu kl hinzugefügt werden muß.



Figg. 345 u. 346. Tachymetrie.

§ 203. **Das tachymetrische Höhenmessen** ist zu vergleichen mit dem Nivellieren aus einem Endpunkte und stimmt vollständig damit überein, wenn das Fernrohr horizontal gestellt ist.

In diesem Falle mißt man bekanntlich die Instrumentenhöhe und am horizontalen Mittelfaden liest man die Lattenhöhe i_2 ab. Die Instrumentenhöhe wird mit $+ i_1$ bezeichnet und ist wie der Rückblick immer positiv, die Lattenhöhe $- i_2$ ist wie der Vorblick immer negativ.

Mit dem wagerecht gerichteten Fernrohr würde man aber bei unregelmäßig geformter und stark geneigter Oberfläche nur von wenigen Punkten die Höhenlage bestimmen können, da man auf den tief gelegenen Punkten Latten von unmäßiger Länge aufstellen müßte und bei höher gelegenen Punkten bald gegen den Erdboden zielen würde.

Man kippt deshalb das Fernrohr und berechnet aus dem Neigungswinkel a der Ziellinie Am und der horizontalen Länge S das Stück h, welches bei Höhenwinkeln (Fig. 346) positiv und bei Tiefenwinkeln (Fig. 345) negativ ist, und zu der Summe von $+ i_1$ und $- i_2$ in dem entsprechenden

Sinne hinzugefügt wird. Die Höhenlage H des Aufstellungspunktes der Latte gegen den Standpunkt des Tachymeters ist deshalb stets

$$H = + i_1 - i_2 \pm h.$$

Die Berechnung der Größe h erfolgt nach der Formel

$$S \operatorname{tg} \alpha = (c \cos \alpha + kl \cos^2 \alpha) \operatorname{tg} \alpha = c \sin \alpha + kl \cos \alpha \sin \alpha.$$

Aus gleichen Gründen, wie bei der Formel für S, ist der Unterschied zwischen $c \sin \alpha$ und $c . \cos \alpha . \sin \alpha$ zu vernachlässigen und die Formel vereinfacht sich zu $(c + kl) \cos \alpha \sin \alpha = \frac{1}{2} \sin 2\alpha (c + kl)$, welche ebenfalls den obengenannten Tabellen von Jordan zu Grunde gelegt ist.

§ 204. **Genauigkeit der tachymetrischen Messung.** Die Genauigkeit der Distanzmessung schwankt zwischen 1:400 und 1:250, die der tachymetrischen Höhenmessung kann man ungefähr zu 1:500 annehmen.

Der aus der falschen Lattenablesung entspringende Fehler ist für die Höhenermittelung am einflußreichsten, wenn die Ziellinie um 45^0 gegen den Horizont geneigt ist, dagegen verschwindend, wenn sie wagerecht geht; für die Entfernungsbestimmung wächst der Fehler mit zunehmender Neigung gegen den Horizont.

Die Wirkung des im Neigungswinkel begangenen Fehlers ist für die Höhenmessung am größten bei wagerechtem Zielen, für die Entfernungsmessung gleich Null, bei einer Neigung von 45^0 für die Höhenbestimmung am kleinsten und für die Entfernungsermittelung am größten. Meist wird die Ungenauigkeit der Höhenbestimmung schädlicher für den Vermessungszweck sein, als die der Längenermittelung. Es empfiehlt sich daher, wenig gegen den Horizont geneigte Zielrichtungen zu vermeiden, was durch die Wahl der Höhe, in der man die Latte anzielt, innerhalb gewisser Grenzen möglich ist.

Zur Vermeidung der Unrichtigkeiten in der Höhenmessung sind zunächst die Mittel zur Horizontierung des Tachymeters genau zu prüfen bezw. zu berichtigen. (Vergl. § 50 und Fig. 111.) Ferner ist ein etwaiger Indexfehler des Höhenkreises entweder gänzlich zu beseitigen oder doch genau zu bestimmen. Bei vorhandenem Indexfehler ist immer in einer bestimmten Lage des Fernrohres zu beobachten, damit die Berichtigung der abgelesenen Höhenwinkel immer in demselben Sinne erfolgen kann.

§ 205. **Die Tachymeterarbeit.** Der Anwendung der Tachymetrie muß stets die Bestimmung verpflockter Punkte nach horizontaler Lage durch Dreiecks- oder Polygonmessung und nach der Höhenlage durch geometrisches Nivellement vorausgehen. Nur im Notfalle soll man den Tachymeter auf solchen Punkten aufstellen, deren Lage und Höhe durch Tachymetrie bestimmt war.

Die Entfernung benachbarter Standpunkte richtet sich nach der Leistungsfähigkeit des Fernrohres und nach der Übersichtlichkeit des

Geländes. Bei dem gewöhnlichen Markscheidertheodoliten sollte man 120 Meter nicht überschreiten.

Den Theodolit-Tachymeter stellt man zentrisch über einen verpflockten Punkt auf, mißt die Instrumentenhöhe und stellt behufs Orientierung des Instrumentes, wenn es eine Repetitionsvorrichtung hat, Null auf Null, richtet das Fernrohr auf einen benachbarten Polygonpunkt und klemmt den Hauptkreis in dieser Stellung fest. Ist der Hauptkreis des Tachymeters nicht drehbar, so richtet man das Fernrohr auf den benachbarten Polygonpunkt und liest den Horizontalwinkel ab. Wird eine Bussole als Tachymeter verwendet, so ermittelt man den Streichwinkel einer vom Standpunkte ausgehenden Polygon- oder Dreiecksseite.

Nunmehr beginnt die eigentliche Arbeit. Auf diejenigen Punkte, die tachymetrisch aufgenommen werden sollen, wird die Nivellierlatte senkrecht aufgestellt und die Latte nach erfolgter Drehung der Alhidade angezielt.

Mit der Höhenkreisschraube bringt man den unteren Faden, den man im Fernrohr als oberen sieht, auf einen Dezimeterteilstrich der Latte und liest am zweiten Distanzfaden gleichzeitig, so zu sagen im Fluge ab.

Das Ablesen erfordert, namentlich wenn das obere nie ganz ruhig bleibende Ende der Latte angezielt werden muß, einige Übung. Die Ablesung am Mittelfaden kann geschehen, ist aber überflüssig, da man die Lattenhöhe aus dem arithmetischen Mittel beider Fadenablesungen erhält.

Sodann wird der Horizontalwinkel abgelesen und zwar nur bis zu ganzen Minuten am Nonius *I*. In vielen Fällen wird man den Nonius gar nicht benutzen, sondern die Minuten am Nullstrich abschätzen. Am zweckmäßigsten bedeckt man den Nonius soweit, daß nur der Nullstrich zu sehen ist.

Bei den eigentlichen Tachymetern befindet sich der Nonius unter dem Okular des Fernrohres, der Beobachter kann also ablesen, ohne seinen Standpunkt zu verändern.

Um auch das Ablesen des Höhenkreises in unveränderter Stellung ausführen zu können, dreht man die Alhidade in die hierzu geeignete Stellung, was ohne Schaden geschehen kann, da man den Horizontalwinkel schon abgelesen hatte. Bei Markscheidertheodoliten, die zum Tachymeter umgewandelt sind, befinden sich die Nonien seitwärts vom Fernrohr, man wird also zum Ablesen des Horizontalwinkels den Standpunkt verändern müssen, befindet sich aber dann gleich in der günstigsten Stellung für die Höhenkreisablesung.

Die Reihenfolge der Beobachtungen muß stets dieselbe bleiben.

Die Arbeit wird sehr gefördert, wenn am Instrument zwei Personen beschäftigt sind, von denen die eine beobachtet und die Ablesungen der zweiten diktiert. Der „Schreiber“ kann auch bei seitlich liegendem Nonius am Horizontal- und Höhenkreis ablesen. Noch zweckmäßiger sind drei Personen am Instrument, von denen zwei beobachten und eine schreibt.

Das Aussuchen und Bestimmen der Lattenaufstellungen ist von großer Wichtigkeit. Die Lattenhalter (meist sind es zwei) begleitet deshalb ein mit der Tachymeterarbeit vertrauter Lattenführer, welcher den Gehilfen die Aufstellungspunkte bezeichnet und die erforderlichen Handskizzen macht.

Die Lattenaufstellungspunkte werden mit laufenden Nummern bezeichnet. Beobachter und Lattenführer haben von Zeit zu Zeit sich zu überzeugen, daß sie in ihren Aufschreibungen in der laufenden Nummer übereinstimmen.

Ebenso hat der Beobachter von Zeit zu Zeit zu prüfen, ob sein Instrument unverrückt geblieben ist, indem er sich überzeugt, ob beim Anzielen des zur Orientierung gewählten Polygonpunktes der Nonius noch auf Null bezw. auf den abgelesenen Winkel zeigt.

§ 206. **Die Anwendung der Tachymetrie in der Markscheidekunst.** Der Markscheider wird die Tachymetrie allein über Tage, nur höchst selten in der Grube anwenden, da sie zu Polygonmessungen am wenigsten geeignet ist.

In der Grube könnte zuweilen bei der Aufnahme unregelmäßiger Hohlräume (Schlotten und Höhlen) oder auch bei mächtigen Lagerstätten (Weiten- und Querbau) Gelegenheit gegeben sein, aber auch hier nur im Anschluß an einen genauen Polygonzug.

Über Tage wird der Markscheider die Tachymetrie anwenden bei der Vermessung von Tagebauen, Halden, leeren Teichen und da, wo sich ihrer der Ingenieur hauptsächlich bedient, bei Vorarbeiten für Straßen- und Grabenbauten.

Die Bestimmung von Eigentumsgrenzen oder sonstiger wichtiger Linien und Punkte, namentlich wenn sie in großem Maßstabe dargestellt werden, sollte niemals tachymetrisch erfolgen.

§ 207. **Die Schichtenlinien.** Die meisten Aufgaben, die durch Tachymetrie gelöst werden können, erfordern die Konstruktion von Horizontalkurven oder Schichtenlinien.

Der Vermessungshorizont ist immer eine geoidische Fläche. Denkt man sich mit dem Vermessungshorizont in gewissen gleichen Abständen parallele Flächen gelegt, so werden diese die unregelmäßige Erdoberfläche durchscheiden, und diese entstandenen Schnittlinien sind die genannten Horizontalkurven oder Schichtenlinien. Sie verbinden Punkte von gleicher Höhenlage (Fig. 347). Ist die Neigung der Bodenoberfläche groß, so rücken die Schichtenlinien näher zusammen, im anderen Falle wird der horizontale Abstand größer. Der Fallwinkel der Erdoberfläche läßt sich aus dem Horizontal- und Vertikalabstand der Schichtenlinien leicht berechnen. Böschungsmaßstäbe leisten hierbei gute Dienste (Fig. 353).

Bei den tachymetrischen Vorarbeiten zur Konstruktion der Höhenkurven sind die Lattenaufstellungen so zu wählen, daß zwischen zwei benachbarten keine erhebliche Änderung im Gefälle vorkommt. Alle Punkte, in denen die Bodensenkung oder Ansteigung sich plötzlich ändert, müssen aufgenommen werden. Bei sehr unregelmäßiger Oberfläche wird sich dieser Grundsatz nicht immer durchführen lassen. Deshalb sind in solchen Fällen Skizzen zu fertigen, die den ungefähren Verlauf der Schichtenlinien andeuten und namentlich bestimmte Leitlinien berücksichtigen. Dahin gehören:

1. Die Thallinien oder Wasserlaufinien, von denen jeder Punkt tiefer liegt, als seine beiden Nachbarn quer zur Linie genommen.

2. Die Gratlinien oder die Wasserscheiden, von denen jeder Punkt höher liegt, als seine beiden Nachbarn quer zur Linie.

3. Die Sättel, d. h. die Durchschnitte von Grat- und Thallinien.

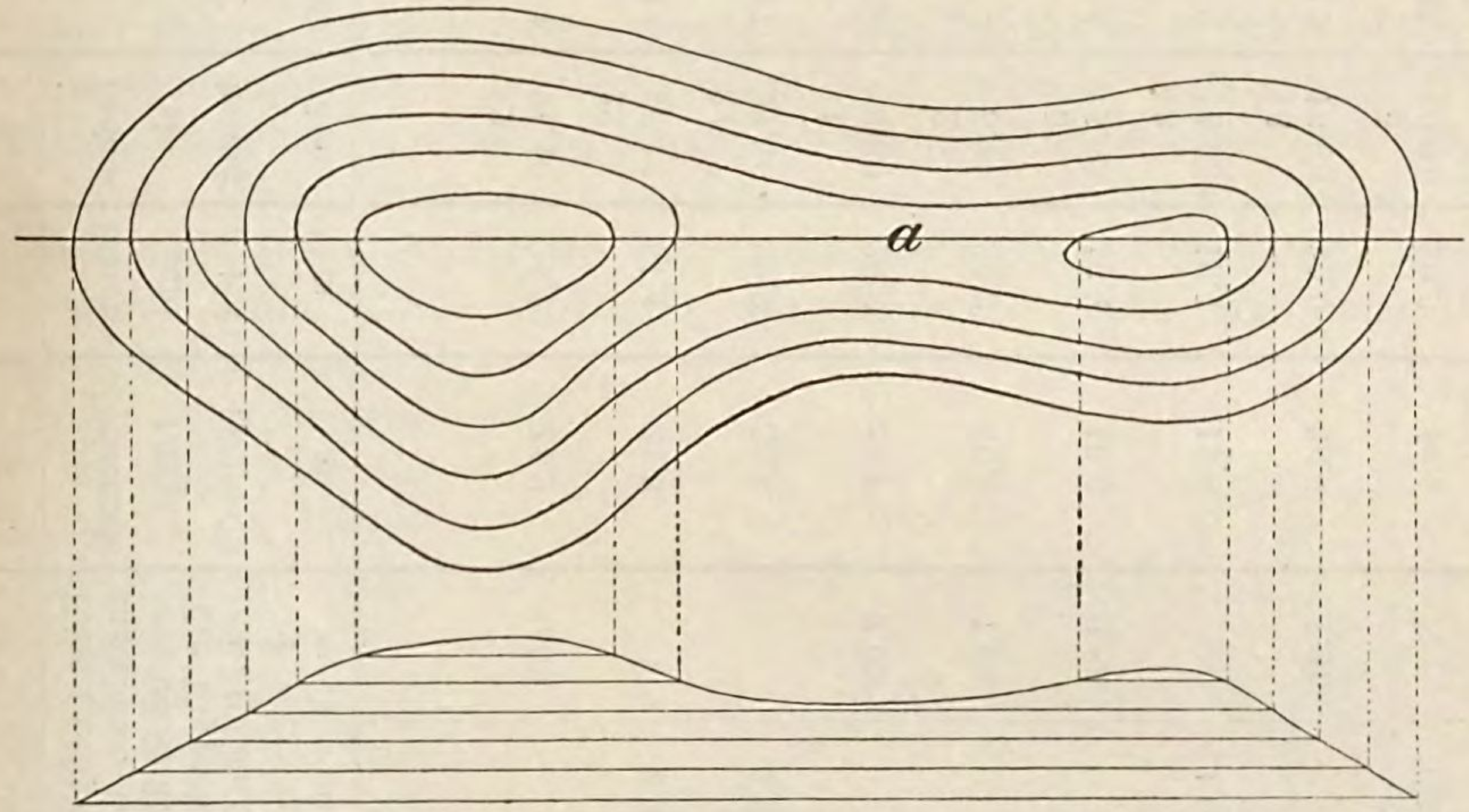


Fig. 347. Schichtenlinien.

In Fig. 347 ist a der Sattelpunkt. Er liegt in der Gratlinie tiefer als seine Nachbarn, aber höher als seine beiden Nachbarn auf der Thallinie.

Alle Grat- und Thallinien werden von den Schichtenlinien rechtwinkelig geschnitten.

§ 208. **Die Berechnung und Zulage von tachymetrischen Aufgaben.** Zunächst werden die Koordinaten und Höhenzahlen der verpflockten Punkte berechnet, hierauf werden die tachymetrischen Beobachtungen in die Spalten 1 bis 6 des nachstehenden Formulars eingetragen, und dann wird die Berechnung der söhligen Länge und der Größe h mit Benutzung der JORDANschen Tabellen ausgeführt.

1	2	3	4		5			6	7	8	9		10	11		12		13
Standpunkt und seine Höhenzahl	Instru-menten-höhe $+ i_1$	Ziel	Hori-zontal-winkel		Vertikal-winkel			Faden-ab-lesung	Stamm-zahl $c + kl$	Horizontale Länge $(c+kl)\cos^2\alpha$	Höhe ($\pm h$) des angezielten Lattenpunktes über der Kippachse $(c+kl)\frac{1}{2}\sin 2\alpha$		Latten-höhe $- i_2$	$+ i_1$ $- i_2$		$(+ i_1 - i_2)$ $\pm h$		Höhen-zahl des Ziel-punktes
			Gr.	M.	$\pm$	Gr.	M.	dcm	m	m	+ m	− m	m	$\pm$	m	$\pm$	m	m
I	1,31	II	0	0														
+ 71,52		1	60	5	+	0	4	19 21,40	24,2	24,2	0,03		2,02	−	0,71	−	0,68	70,84
		2	55	20	−	3	42	23 26,12	31,4	31,3		2,06	2,46	−	1,15	−	3,21	68,31
		3	49	10	−	3	47	24 27,36	33,8	33,6		2,21	2,57	−	1,26	−	3,47	68,05
		4	117	10	+	6	49	1 3,60	26,2	25,8	3,09		0,23	+	1,08	+	4,17	75,69
		5	108	25	+	3	—	2 5,21	32,3	32,1	1,68		0,36	+	0,95	+	2,63	74,15
		6	116	3	+	3	4	5 6,65	16,7	16,6	0,89		0,58	+	0,73	+	1,62	73,14
		7	127	10	−	3	2	13 14,95	19,7	19,6		1,04	1,40	−	0,09	−	1,13	70,39
		8	200	10	+	3	15	13 16,88	39,0	38,9	2,21		1,49	−	0,18	+	2,03	73,55
		9	194	45	−	7	33	5 10,01	50,3	49,5		6,55	0,75	+	0,56	−	5,99	65,53

Nun erst erfolgt die übrige Berechnung, und zwar wird eine Spalte nach der anderen, jede einzeln, nach Anleitung des Formularkopfes (Spalte 10, 11, 12 und 13) ausgefüllt.

Man könnte in einer Nebenrechnung ebenfalls die Höhenzahl der einzelnen Punkte finden, erfahrungsmäßig geht aber die Berechnung mit Benutzung des Formulars, wobei man Spalte für Spalte bearbeitet, schneller und strengt weniger an.

Nach vollendeter Berechnung werden zuerst die verpflockten Punkte nach den berechneten Koordinaten aufgetragen, sodann die tachymetrisch aufgenommenen Punkte und zwar mit Hilfe einer Gradscheibe nach dem in § 148 angegebenen Verfahren. Neben jeden Polygon- und Lattenpunkt wird die zugehörige Höhenzahl auf Dezimeter abgerundet geschrieben. Mit Hilfe dieser Höhenzahlen und mit Berücksichtigung der vom Lattenführer entworfenen Skizzen werden die Schichtenlinien eingezeichnet, indem man alle Punkte, die in bestimmten Abständen von dem Vermessungshorizont liegen, durch Kurven verbindet. Die Punkte einer Schichtenlinie sind selten unmittelbar gegeben, sie müssen vielmehr meist durch Einschalten zwischen je zwei Lattenaufstellungspunkten ermittelt werden.

Sind sehr zahlreiche Lattenaufstellungen gemacht und liegen die Punkte nahe bei einander, so kann man die Kurven hinreichend genau aus freier Hand nach Schätzung einzeichnen. Sonst muß man sie zeichnerisch oder rechnerisch einschalten.

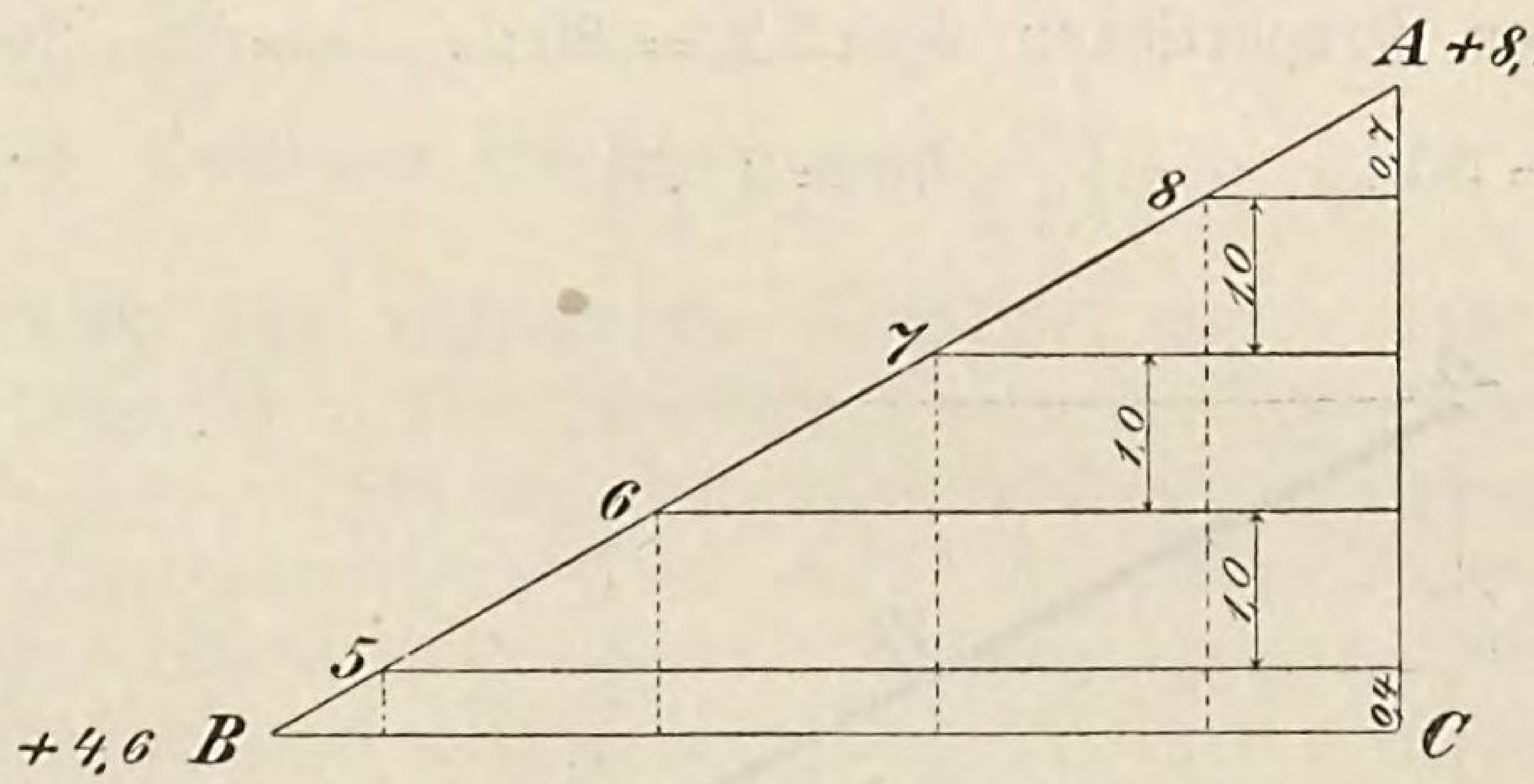


Fig. 348. Konstruktion von Schichtenlinien.

In Fig. 348 ist AB die in der Oberfläche liegende Verbindungslinie der beiden Lattenpunkte A und B. AC ist die Projektion von AB. A hat die Höhenzahl + 8,7 und B + 4,6. Zwischen den Punkten A und B laufen auf der geneigten Oberfläche die Schichtenlinien in dem Abstande 8, 7, 6 und 5 m hindurch.

Die Schnittpunkte der Horizontalkurven mit der Linie AB werden im Grundrisse dargestellt, und es ist deshalb zu berechnen, in welchem Abstande von A oder C die Kurven die Projektion AC schneiden. Der Höhenunterschied zwischen A und B ist 8,7 — 4,6 = 4,1. Die Kurve 8 schneidet in dem horizontalen Abstande $\frac{0,7}{4,1} \times AC$ von C aus und in dem von $\frac{3,4}{4,1} \times AC$ von A aus die Projektion AC; die Kurve 7 in den Abständen $\frac{1,7}{4,1} \times AC$ bezw. $\frac{2,4}{4,1} \times AC$ u. s. w.

Die zeichnerische Behandlung ist aus Fig. 348 zu ersehen.

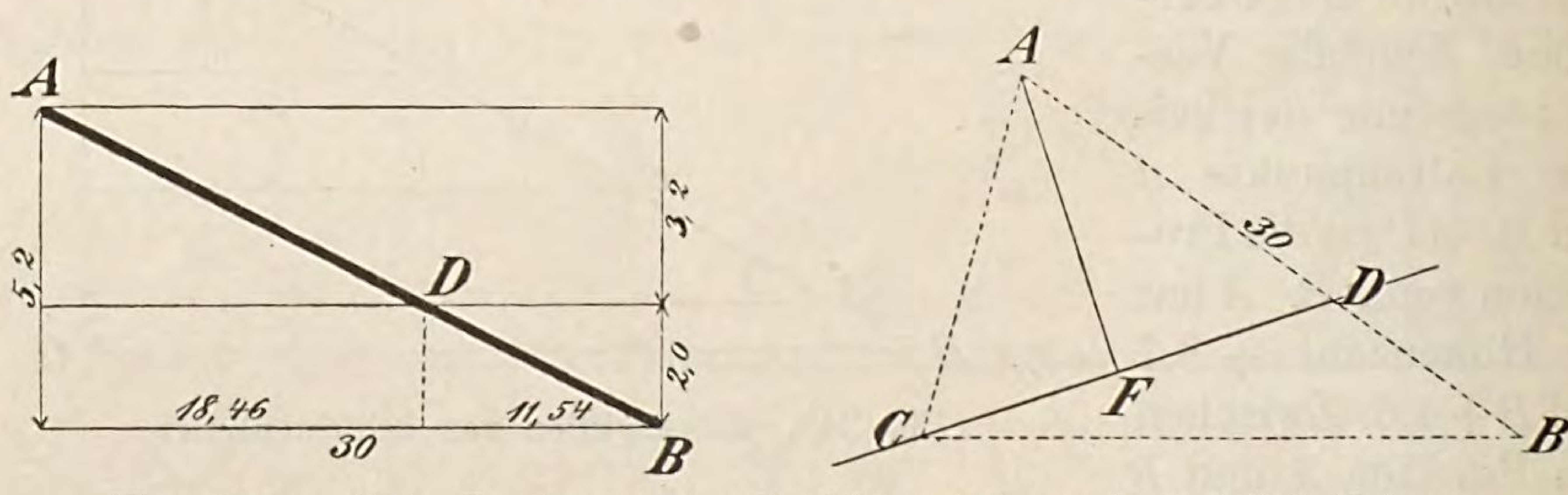
Beim Auszeichnen der Kurven sind die bei der Vermessung angefertigten Skizzen mit zu Rate zu ziehen. Keinenfalls sind die einzelnen eingeschalteten Punkte gleicher Höhe durch gerade Linien zu verbinden, weil sonst ein der Natur wenig entsprechendes Bild der Oberfläche, die selten scharfe Knicke zeigt, entstehen würde.

§ 209. Von den Aufgaben, die der Markscheider durch Schichtenlinien zu lösen hat, sollen einige folgen.

1. Aus drei Bohrlöchern, deren gegenseitige Entfernung und Höhenlage, sowie deren Tiefen gegeben sind, ist das Streichen und Fallen einer darin erbohrten Lagerstätte zu ermitteln. Diese Aufgabe kommt dem Markscheider häufig vor, und die Lösung wird durch die Konstruktion einer Schichtenlinie auf dem Liegenden des Flötzes herbeigeführt.

Bohrloch A habe das Liegende des Flötzes in 10,5, Bohrloch B in 15,7 und endlich das Bohrloch C in 13,7 m Tiefe unter dem Vermessungshorizont angetroffen. Der wagerechte Abstand von A nach B sei 30 m.

Die horizontale Entfernung des in gleicher Höhe mit C (13,7 m) liegenden Punktes D von A bezw. von B aus findet man aus den Unterschieden: $15{,}7 - 10{,}5 = 5{,}2$, $13{,}7 - 10{,}5 = 3{,}2$, $15{,}7 - 13{,}7 = 2$ und aus den Proportionen $5{,}2 : 3{,}2 = 30 : x$, $x = \frac{3{,}2}{5{,}2} \cdot 30 = 18{,}46$ und $5{,}2 : 2{,}0 = 30 : y$, $y = \frac{2{,}0}{5{,}2} \cdot 30 = 11{,}54$.



Figg. 349 u. 350. Bestimmen der Streichungslinie nach drei Bohrlöchern.

Die Linie CD in Fig. 350 ist die gesuchte Streichungslinie.

Die zeichnerische Lösung geht aus Fig. 349 hervor, in der die Höhenzahlen im dreifachen Maßstabe gezeichnet sind.

Zur Ermittelung des Fallwinkels zieht man in Fig. 359 AF rechtwinkelig zu CD und mißt die Länge AF mit Zirkel und Maßstab, alsdann findet man den Fallwinkel α durch die Formel $\operatorname{tg}\alpha = \frac{3{,}2}{AF}$.

2. Die Reliefkarten. Mit Hilfe der Schichtenlinien lassen sich Gebirge leicht plastisch darstellen. Man schneidet aus Pappe Scheiben, deren Umrisse genau den Höhenkurven entsprechen, und leimt bezw.

nagelt die Scheiben in der aus dem Grundrisse sich ergebenden Lage übereinander. Dadurch entsteht ein treppenförmiges Gebilde, das der wirklichen Bodenoberfläche schon sehr nahe kommt.

Will man ein vollkommenes Bild erhalten, so füllt man die Treppen mit einer Stearinmasse aus und schafft sich durch einen Gipsüberguß zunächst ein Negativ des Reliefs, wonach das Positiv ebenfalls aus Gips angefertigt wird.

Bei den Reliefs stellt man, wie bei den Profilen, die Höhen gern in einem etwas größeren Maßstabe dar, als die horizontalen Längen.

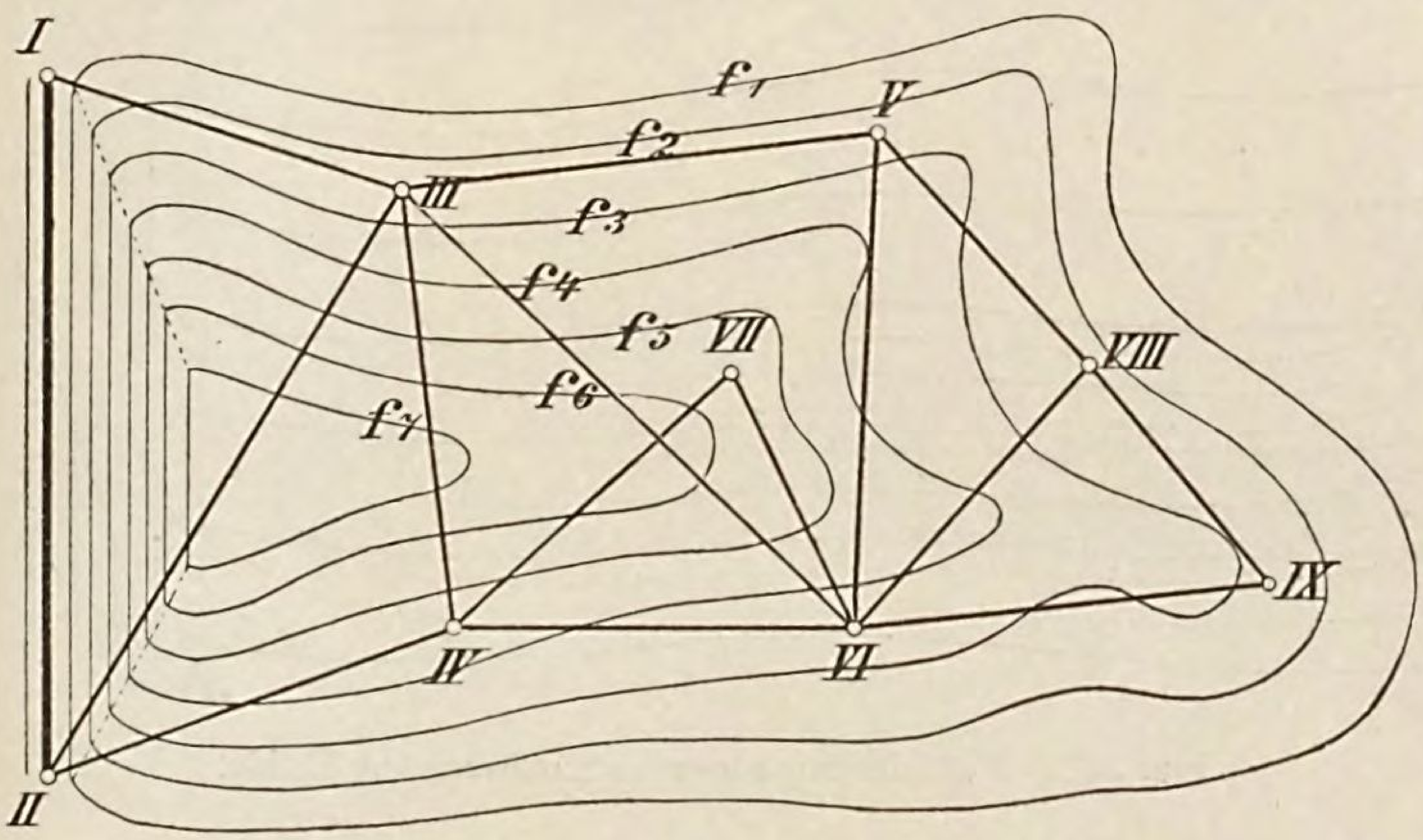


Fig. 351. Kubizierung eines leeren Teiches.

3. Die Ermittelung des kubischen Inhaltes eines leergelaufenen Teiches (Fig. 351). Man konstruiert über die Fläche des Teiches ein Dreiecksnetz, dessen Basis am zweckmäßigsten auf den Damm gelegt wird. Von den Dreieckspunkten *I, II, III* u. s. w., deren Höhenlage durch geometrisches Nivellement ermittelt ist, bestimmt man so viele Punkte tachymetrisch, daß danach die Schichtenlinien in recht geringen Abständen, womöglich aus freier Hand, konstruiert werden können. Die Zulage fertigt man in einem ziemlich großen Maßstabe an.

Da es wichtig ist, außer dem kubischen Inhalt des ganzen Teiches auch die in jedem Meter (bezw. halben Meter) Stauhöhe enthaltene Wassermenge zu kennen, so rechnet man die Körper zwischen f_1 und f_3, f_3 und f_5, f_5 und f_7 einzeln nach der Simpsonschen Formel $J = \frac{h}{6}(f_1 + 4f_2 + f_3)$ aus und addiert sie.

4. Im voraus zu berechnen, wieviel Kubikmeter Fördermasse auf eine Halde gestürzt werden können. Fig. 352 zeigt den Schacht und den zu bestürzenden Abhang, der zu beiden Seiten durch die Grundstückslinien *ab* und *cd* und durch die Schichtenlinen 0 und 16 begrenzt ist. Die Schichtenlinien sind in Abständen von 2 zu 2 m eingezeichnet.

Der natürliche Böschungswinkel sei in dem vorliegenden Falle 40°. Zunächst ist der von der Horizontale 16 ausgehende obere Haldenrand zu konstruieren. Man ermittelt für den Neigungswinkel 40° die Sohlen

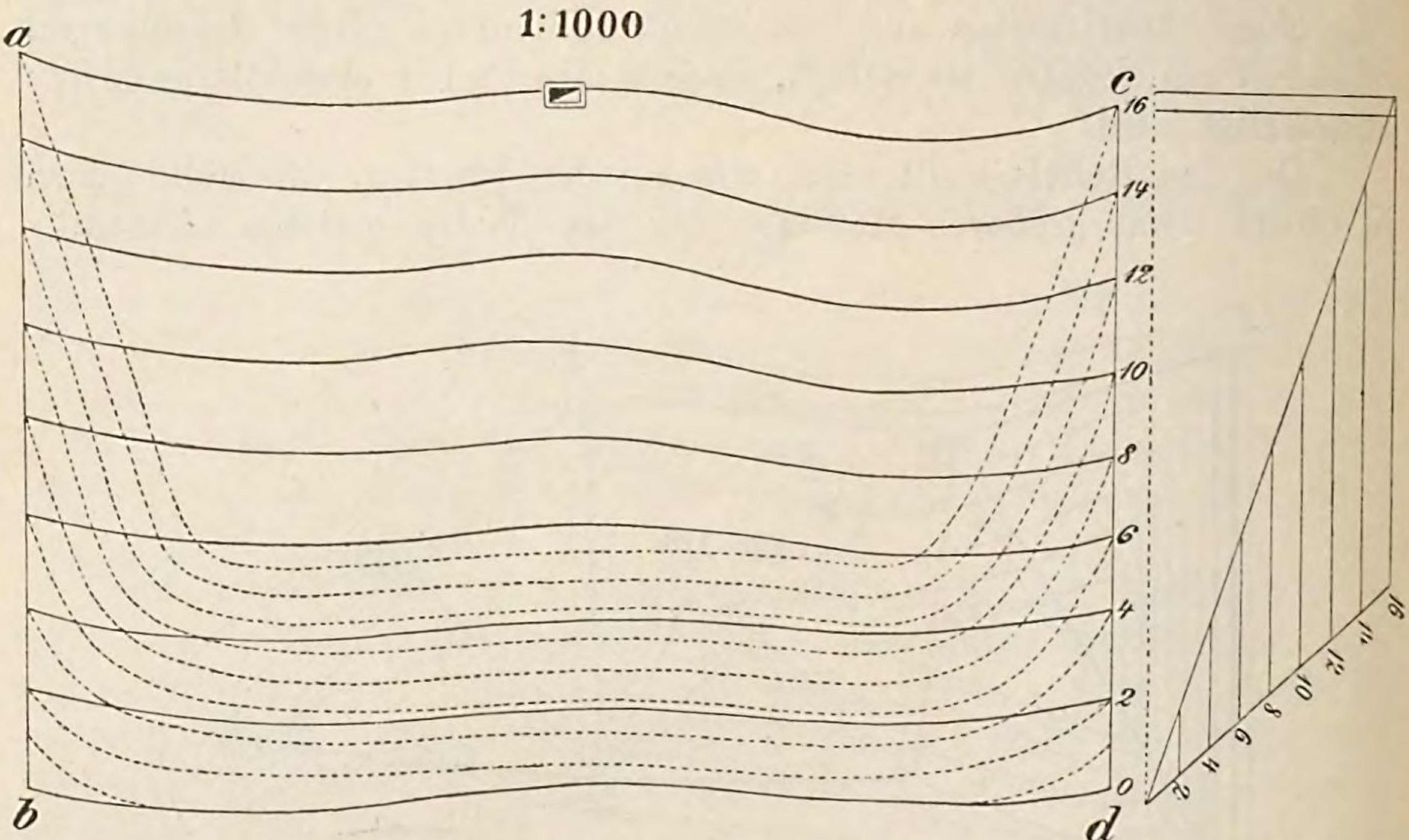


Fig. 352. Kubizierung einer aufzustürzenden Halde.

für die in Betracht kommenden Höhen 2 bis 16, und von den Punkten aus, wo die einzelnen Schichtenlinien von den Grenzen *ab* und *cd* durchschnitten werden, sticht man nun die Sohlen ab, für die entsprechenden

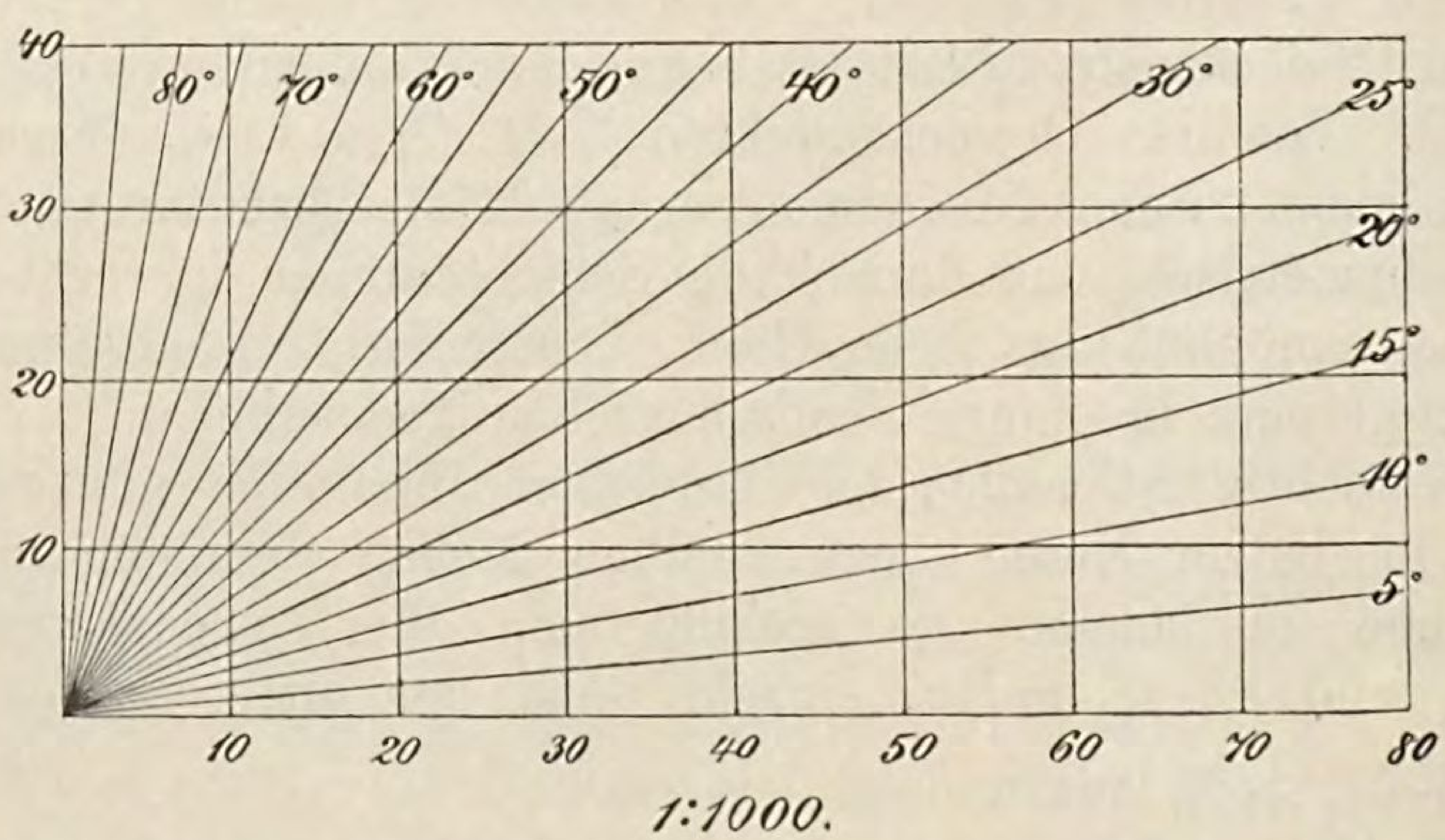


Fig. 353. Böschungsmaßstab.

Höhen ungefähr rechtwinkelig zu dem zu konstruierendem Haldenrande (event. durch Schlagen von Kreisbogen), und zwar von den Enden der Schichtenlinie 14 die Sohle für 2 m Höhe, von den Enden der Schichten-

linie 12 die Sohle für 4 m u. s. w. Mit der Schichtenlinie 0 zieht man eine Parallele in söhligem Abstand für die Höhe 16.

Die durch obige Abmessungen gefundenen Punkte verbindet man freihändig durch eine Linie und führt sie in einem Bogen in die Parallele zur Schichtenlinie 0. Dadurch erhält man den oberen Haldenrand und kann nun die punktierten Schichtenlinien der zukünftigen Halde in Abständen von 2 zu 2 m einzeichnen, nach denen der kubische Inhalt auf bekannte Weise gefunden wird.

Bei solchen und ähnlichen Arbeiten bietet die Anwendung eines Böschungsmaßstabes große Vorteile. Fig. 353 zeigt einen solchen, der ohne Erklärung verständlich sein wird.

5. Die Vorarbeiten für den Bau von Straßen, Eisenbahnen und Gräben.

Als Beispiel soll der Bau einer Landstraße genommen werden, die keine größere Steigung als 1 : 20 oder 5 aufs Hundert erhalten soll. Die Achse dieser Straße wird man sich zunächst in den angefertigten Schichtenplan einzeichnen, dessen Linien einen Abstand von 2 Meter haben mögen. Ist die Straße durch geneigtes Gelände zu führen, so hat man dafür zu sorgen, daß erst bei einer Länge von 40 Meter die Achse der Straße aus einer Horizontalen in die benachbarte gelangt, soweit nicht durch Einschnitte Abhilfe geschaffen werden kann. Die auf dem Papiere entworfene Achse wird dann auf dem Boden abgesteckt, und die Pflöcke werden genau vermessen und nivelliert.

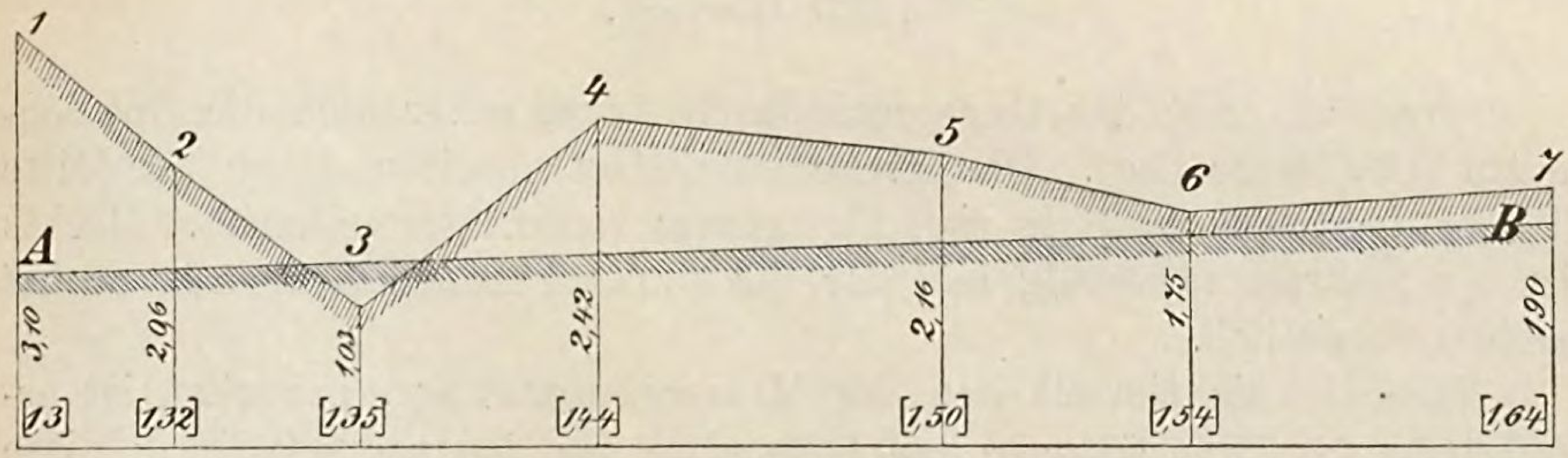


Fig. 354. Längenprofil.

Nunmehr zeichnet man das Längenprofil der Achse (Fig. 354). Da die Erhebungen und Senkungen meistens im Vergleiche zu den Horizontalerstreckungen sehr klein sind, so wählt man eine verschiedene Verjüngung für Höhen und Längen und zwar für die Höhen einen 10 bis 20 mal so großen Maßstab. Das Bild des Längenprofils wird dann wohl verzerrt, durch die Verzerrung aber erst für die praktische Ausnutzung brauchbar. Die wahren Abstände der einzelnen Punkte werden in das Profil eingeschrieben und dadurch die Nachteile der Verzerrung beseitigt.

In das Längenprofil wird die Oberflächenlinie der zu erbauenden

Straße, das Kunstprofil (AB), eingezeichnet und für jeden verpflockten Punkt die Höhenzahl des darüber oder darunter liegenden Punktes des Kunstprofiles in eckigen Klammern eingeschrieben. Aus den eingeschriebenen Zahlen erkennt man leicht, daß bei dem Punkte 4 ein Abtrag von 2,42 — 1,44 = 0,98 m und bei dem Punkte 3 ein Auftrag von 1,35 — 1,03 = 0,32 erfolgen muß.

Um die für den Kostenanschlag wichtige Berechnung der zu bewegenden Erdmassen ausführen zu können, muß man noch Querprofile für jeden einzelnen verpflockten Punkt konstruieren. Die Querprofile stehen rechtwinkelig zur Achse der Straße und man zeichnet sie ohne Verzerrung, aber dafür in einem sehr großen Maßstabe. Die Bezeichnungen links und rechts der Profile sind in dem Sinne zu verstehen, daß man in der Längsachse der Straße steht und in der Richtung der steigenden Nummern blickt.

Der Vermessungshorizont des Querprofils ist die Oberfläche des dem Längenprofil angehörigen Pflockes.

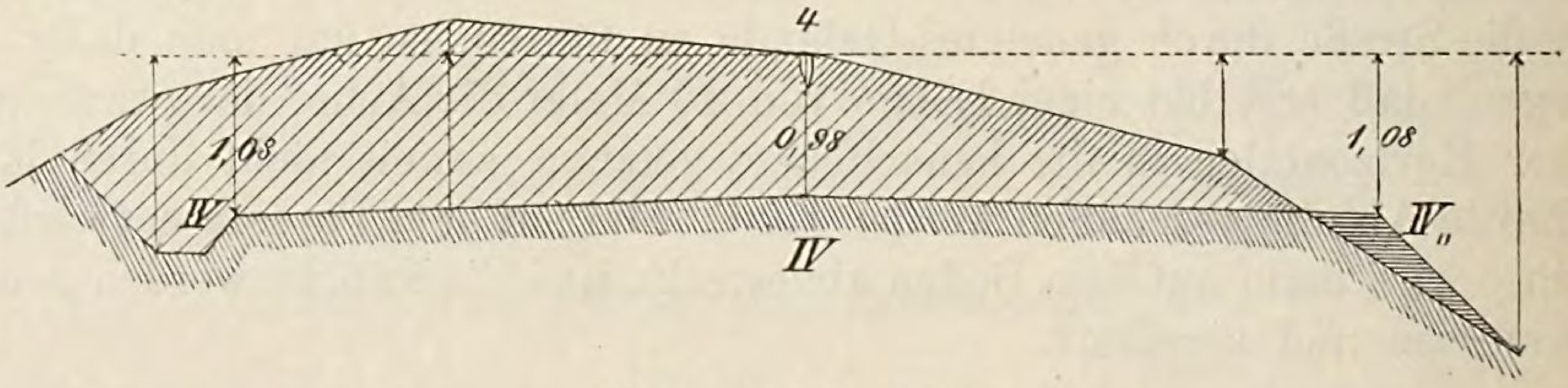


Fig. 355. Querprofil.

Fig. 355 zeigt das Querprofil durch Nr. 4, unter dem die Straßenmitte 0,98 Meter liegt. Die Straße ist 8 Meter breit und von der Mitte bis zu den Seiten soll sie eine Abdachung von 0,1 Meter haben. Rechts ist ein Auftrag notwendig und der links auszuhebende Graben ist rechts nicht erforderlich.

Ohne in die Einzelheiten der Massenberechnung einzugehen ist ersichtlich, daß die Längen- und Querprofile des Bodens und die in diese eingezeichneten Kunstprofile die Mittel zur Berechnung liefern. Die Profile werden am zweckmäßigsten so gelegt, daß man die zwischen ihnen liegenden Auf- und Abtragkörper nach der Simpsonschen Regel berechnen kann. Beim Abstecken einer Straße ist darauf zu achten, daß das Auftragmaterial aus den Abtragskörpern gewonnen wird. Die hierbei inne zu haltenden Regeln finden sich in F. Eickemeyers „Massennivellement“, Leipzig, bei B. G. Teubner.

Zwölftes Kapitel.

Die Azimut- oder Meridianbestimmung.

§ 210. **Das Übertragen des Azimutes.** Ist ein gutes Dreiecksnetz vorhanden, wie z. B. das der preußischen Landesaufnahme, von deren Dreiecksseiten die Azimute bekannt sind, so hat man die Linie, deren Azimut gesucht wird, nur durch eine Winkelmessung mit einer Dreiecksseite in Verbindung zu bringen und die Meridiankonvergenz in gebührender Weise zu berücksichtigen.

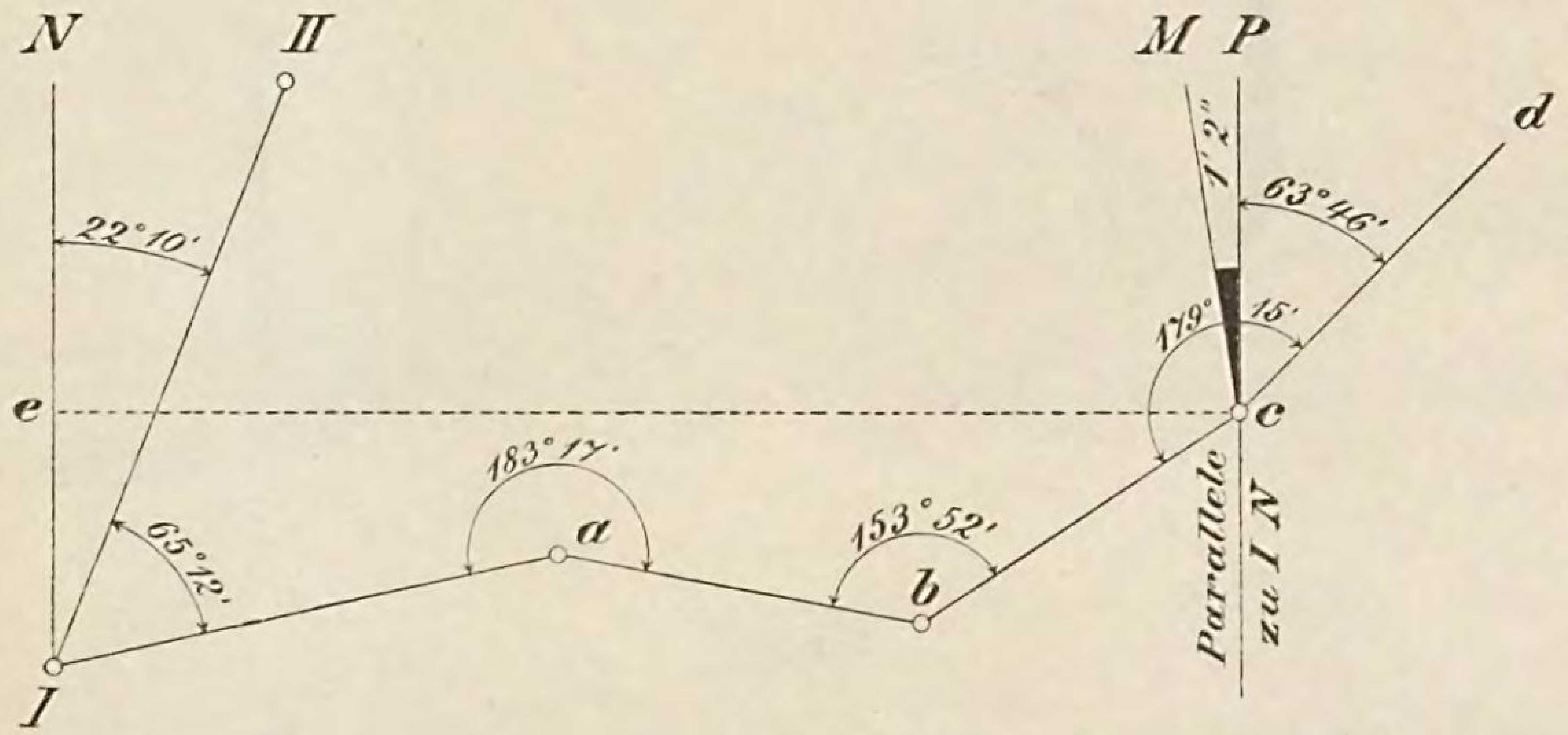


Fig. 356. Übertragung des Azimutes.

In Fig. 356 habe die Dreiecksseite *I II* das Azimut 22° 10′. Das Azimut von *cd* soll gesucht werden. Die in die Figur eingeschriebenen Winkel sind gemessen und die Koordinaten von den Punkten *c* und *I* gegeben. Auf bekannte Weise (§ 115. 4) findet man das Azimut von *cd* gegen den Meridian durch den Punkt *I* = 63° 46′. Die Linie *cP* ist parallel zu *IN*. Der Abstand *ce* des Punktes *c* von dem Meridian durch *I* sei gleich 1500 Meter, deshalb beträgt nach § 7 der Konvergenzwinkel *MCP* = 1′ 2″, der dem Winkel 63° 46′ zuzuzählen ist, um das Azimut von *cd* = 63° 47′ 2″ für den Meridian des Punktes *c* zu erhalten.

§ 211. Ist ein solches Dreiecksnetz nicht vorhanden, so muß der Markscheider das Azimut einer Linie selbständig bestimmen.

Das älteste, schon im Altertume zur Meridianbestimmung angewandte Mittel ist der Gnomon, ein Instrument, das jetzt vollständig aus der Praxis verschwunden ist und hier auch nur aus historischen Gründen und deswegen erwähnt wird, weil das Verfahren der Meridianbestimmung am deutlichsten daraus ersichtlich ist.

Stellt man in den Mittelpunkt einer Anzahl konzentrischer Kreise einen senkrechten spitzen Stab, so wird bei Sonnenschein derselbe einen

Schatten werfen und die Spitze des Schattens vom Vormittage bis Abend die konzentrischen Kreise in den Punkten *a*, *b*, *c*, *d*, *d'*, *c'*, *b'*, *a'* treffen (Fig. 357). Halbiert man die Bogen *aa'*, *bb'*, *cc'*, *dd'* und verbindet die Halbierungspunkte mit dem Mittelpunkte des Kreises, so erhält man angenähert die Mittagslinie.

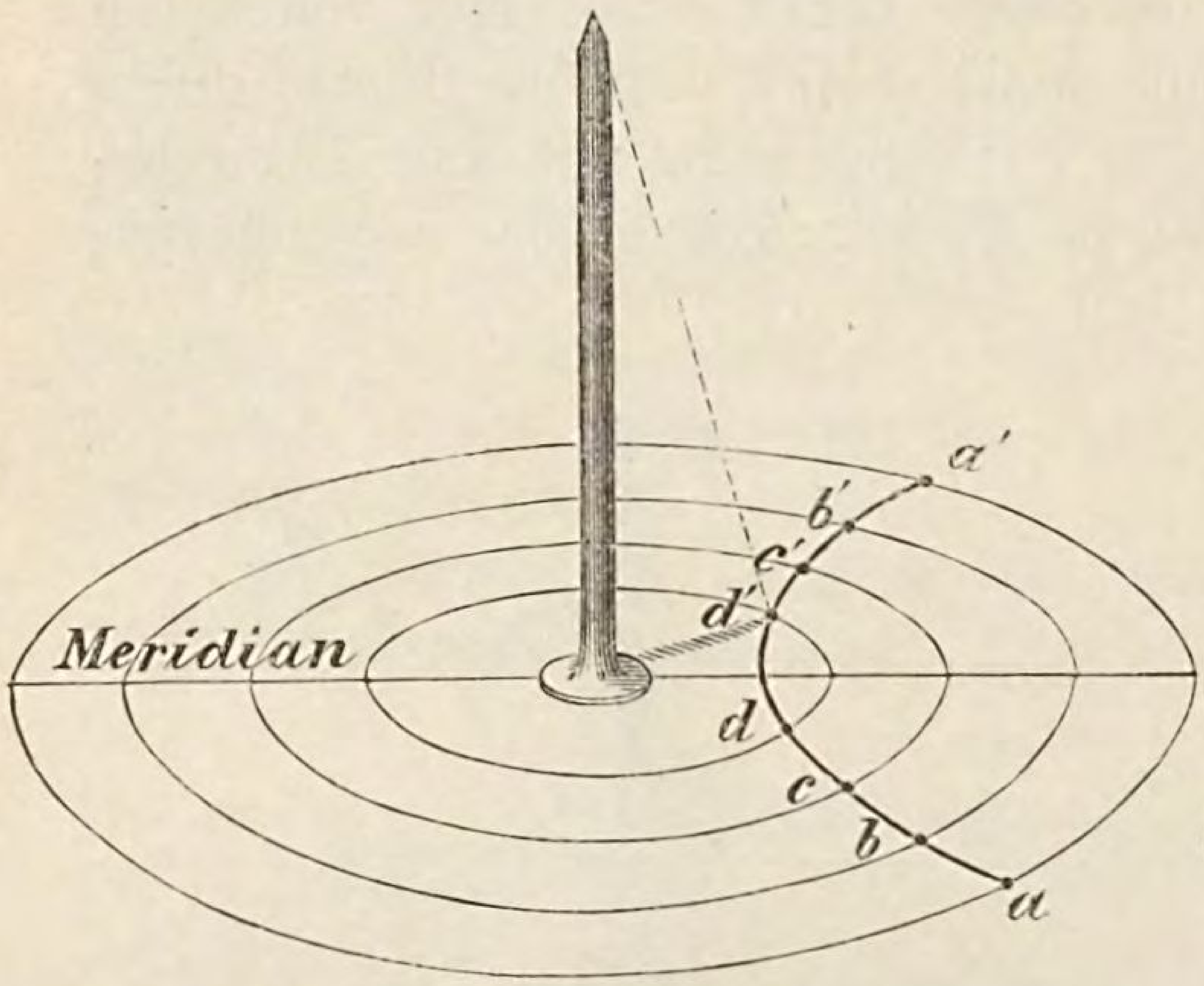


Fig. 357.

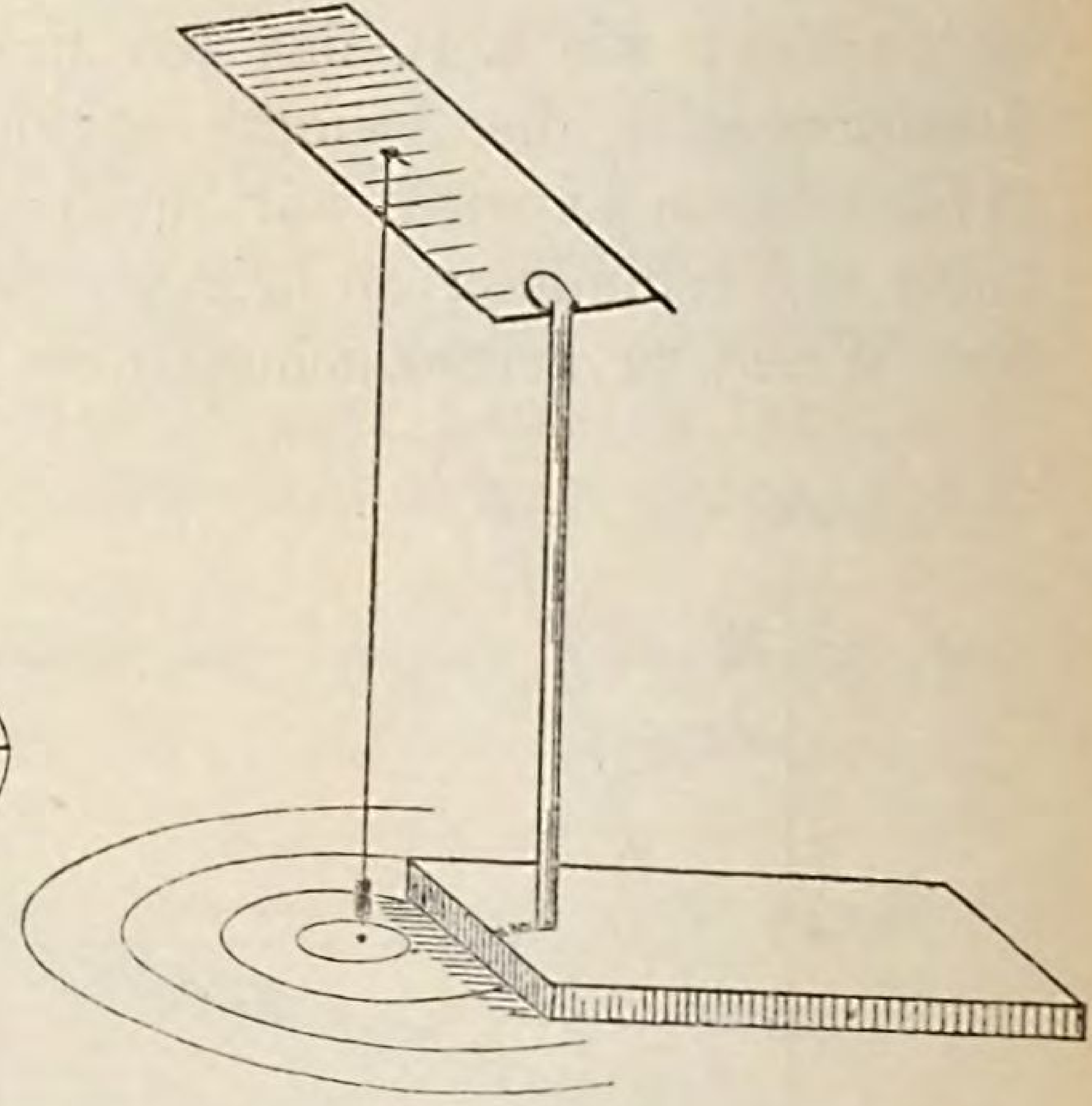


Fig. 358.

Gnomon.

Eine Verbesserung des Gnomons wird erreicht, wenn man an der Spitze des Stabes eine Metallplatte anbringt (Fig. 358), die mit einer kleinen Öffnung versehen ist, und den Gnomon so aufstellt, daß die Öffnung senkrecht über dem Mittelpunkte der konzentrischen Kreise liegt. In dem Schatten der Platte erscheint dann ein heller Fleck, dessen Mittelpunkt mit hinreichender Schärfe gefunden werden kann.

Derartige Gnomone hat man in großem Maßstabe ausgeführt, indem man in die Decke hoher Gebäude durchbohrte Metallplatten eingesetzt hat, z. B. in die Kuppel des Domes zu Florenz (1467).

§ 212. **Die Azimutbestimmung** einer Linie führt man jetzt mit dem Theodoliten aus und zwar:

1. nach korrespondierenden Sternenhöhen,

2. durch Beobachtung des östlichen oder westlichen Azimutes von hierzu geeigneten Zirkumpolarsternen. Da zu dieser Bestimmung gewöhnlich der Polarstern benutzt wird, so sagt man kurz durch Beobachtung des Polarsternes,

3. durch die Höhenmessung eines Sternes, dessen Deklination bekannt ist.

Von obigen Methoden verdient die zweite, wegen ihrer Genauigkeit und wegen der geringen Zeitdauer, vor allen den Vorzug. Das Fernrohr

des Theodoliten muß sich bis zur Polhöhe kippen lassen und in dieser Stellung muß noch hindurch gezielt werden können.

Die erste Methode liefert nach Sternen (nicht so nach der Sonne) ebenfalls genaue Ergebnisse, ist aber wegen seiner langen Zeitdauer unbequem und verunglückt leicht durch Zufälligkeiten der Wolkenbildungen.

Die dritte Methode ist die bequemste, erfordert den geringsten Zeitaufwand, aber liefert mit kleinen Theodoliten keine sehr genauen Werte.

§ 213. Die Bestimmung des Azimutes einer Linie (*FH*) nach korrespondierenden Sternenhöhen. Die Fixsterne beschreiben mit gleichmäßiger Geschwindigkeit Kreise um den Pol und stehen bei ihrer Kulmination am höchsten oder tiefsten.

In gleichen Zeitabschnitten vor und nach der Kulmination wird der Stern gleich hoch über dem Horizonte stehen und bei gleichen Höhen auch gleichen Abstand vom Meridiane haben.

Wenn in der teils geometrischen, teils perspektivischen Figur 359 $Md = Mc$, so ist $bd = ac$ und umgekehrt. Das Fernrohr des in dem Endpunkte F der Linie FH stehenden Theodoliten richtet man erst auf den Punkt H (Lichtsignal), sodann auf den Stern in d (Beleuchtung des Fadenkreuzes) und dann bei unveränderter Höhenstellung auf denselben Stern, sobald er die Stellung c einnimmt. Man liest die Horizontalwinkel ab, welche von den Projektionen Fb und Fa der Ziellinien nach d und c mit FH gebildet werden, halbiert ihre Summe und erhält dann den Ergänzungswinkel zu 360^0 von dem gesuchten Azimut der Linie FH.

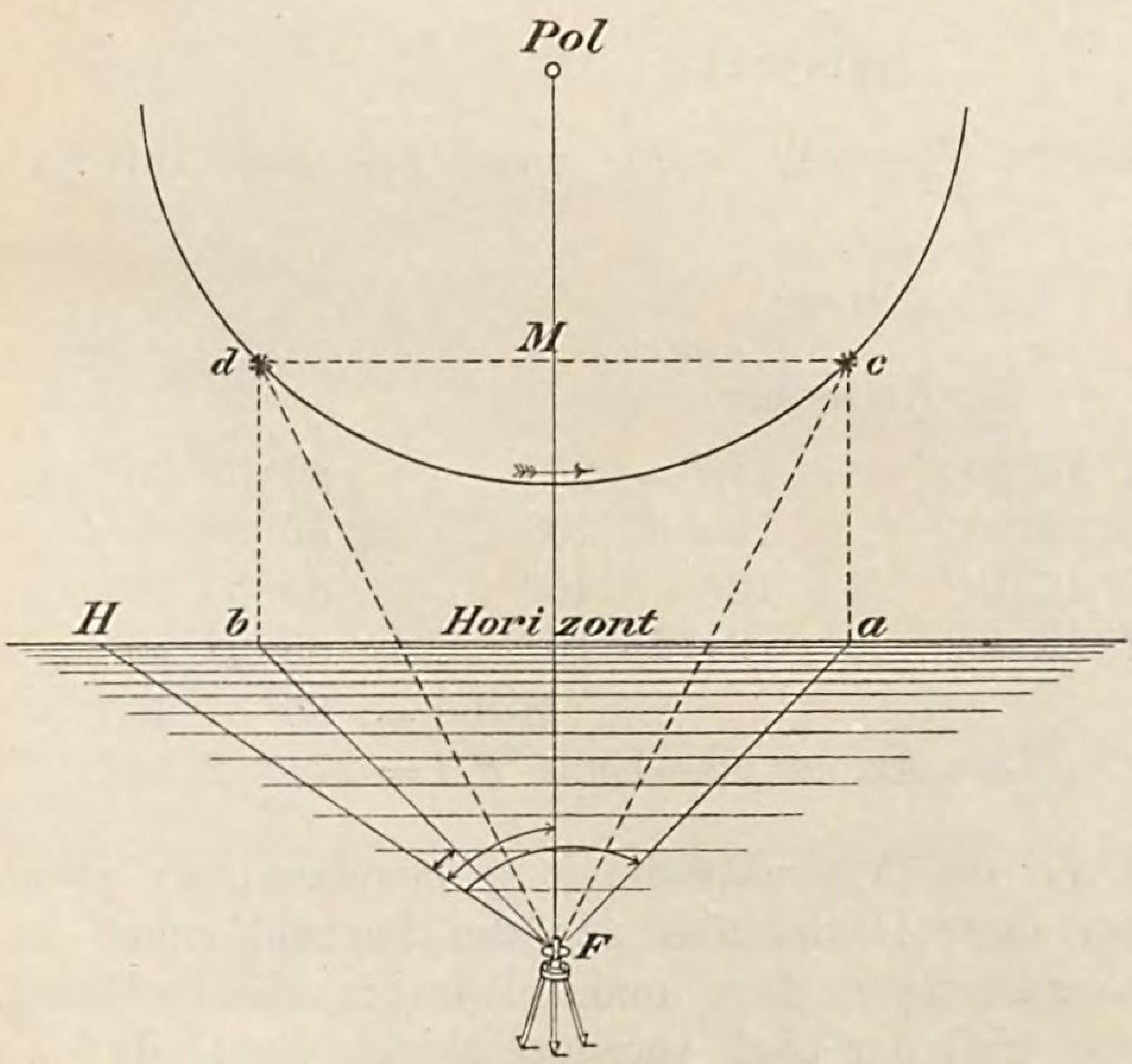


Fig. 359. Azimutbestimmung nach korrespondierenden Sternenhöhen.

Man wird übrigens nicht bloß auf eine Doppelbeobachtung des Sternes sich beschränken, sondern ihn vor der Kulmination in verschiedenen Höhen-

lagen des Fernrohres anzielen und Horizontal- und Höhenwinkel ablesen. Nach der letzten Messung läßt man die Fernrohrneigung unverändert und zielt mit ihr den Stern zum erstenmale nach der Kulmination an. Darauf stellt man den Nullpunkt des Höhenkreises in umgekehrter Ordnung auf die Winkel, unter denen der Stern vor der Kulmination beobachtet wurde, und zielt mit diesen Höhenlagen des Fernrohres den Stern in den entsprechenden Stellungen nach der Kulmination an. Das Einstellen des Fadenkreuzes auf den Stern kann dann selbstverständlich nur mit dem Mikrometerwerk der Horizontaldrehung erfolgen, was keine besonderen Schwierigkeiten macht.

Um dem Höhenkreis bei dem Anzielen des Sternes nach der Kulmination sicher und schnell, ohne Benutzung der Noniuseinteilung, die erforderliche Lage geben zu können, wird man den Nullpunkt seines Nonius schon bei den ersten Beobachtungen vor Anzielung des Sternes auf einen Teilstrich einstellen und auch hier nur mit dem Mikrometerwerk der Horizontaldrehung das Fadenkreuz einstellen. Das Fernrohr muß hierbei immer der Bewegung des Sternes voraus, z. B. bei abnehmender Höhe tiefer gestellt werden, als die augenblickliche Höhe des Sternes beträgt.

Beispiel.

Der in F aufgestellte Theodolit wurde zuvor mit Null auf Null nach H gerichtet.

Höhenwinkel	Ablesung vor der Kulmination	Ablesung nach der Kulmination	Mittel
22° 30′	41° 56′ 20″	130° —′ 20″	85° 58′ 20″
22° —′	43° 26′ 10″	128° 30′ 10″	85° 58′ 10″
21° —′	45° 49′ 40″	126° 4′ 40″	85° 57′ 10″
20° 30′	47° 29′ 40″	124° 25′ 10″	85° 57′ 25″
		Mittel =	85° 57′ 46″

Das Azimut der Linie $FH = 274^0\ 2'\ 14''$

Will man die Sonne zur Azimutbestimmung benutzen, so geben wegen der Änderungen ihrer Deklination nur die Beobachtungen um die Zeit der längsten oder kürzesten Tage unmittelbar brauchbare Werte. Zu allen anderen Zeiten trifft der oben vorausgeschickte Satz, daß zu gleichen Höhen auch gleiche Abstände des Gestirnes vor und nach der Kulmination gehören, nicht zu.

Am fehlerhaftesten wird das unmittelbare Beobachtungsergebnis zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen. Die Beobachtung bedarf einer Verbesserung, die nach der Formel $A = \frac{a+b}{2} + \frac{\frac{1}{2}(d-d')}{\cos\varphi \sin t}$ berechnet wird, worin a und b die vor- und nachmittägige Beobachtung, d und d' die

vor- und nachmittägige Deklination der Sonne, s und s' die entsprechenden Stundenwinkel der Sonne, $\frac{s + s_1}{2} = t$ und φ die geographische Breite ist.

Das Anzielen der Sonne muß derartig geschehen, daß der Horizontalfaden den unteren oder oberen, und der Vertikalfaden einen seitlichen Rand der Sonne berührt, und zwar ist der senkrechte Faden, wenn er vormittags auf den linken Sonnenrand gerichtet war, nachmittags auf den rechten Rand zu stellen oder umgekehrt.

Die Azimutbestimmung nach der Sonne giebt weniger gute Ergebnisse, als die nach Sternbeobachtungen.

§ 214. 2. **Die Bestimmung des Azimutes nach dem Polarsterne.** Man richtet das Fernrohr des in dem einen Endpunkte der festen Linie stehenden Theodoliten auf den anderen Endpunkt (Lichtsignal) und liest ab, dann auf den Polarstern, wenn er sich in seinem östlichsten oder westlichsten Azimute befindet, d. h. in dem Punkte, in welchem der durch das Zenith Z und den Standpunkt M gelegte größte Kreis die Bahn des Sternes S berührt (Fig. 360), und liest wieder ab.

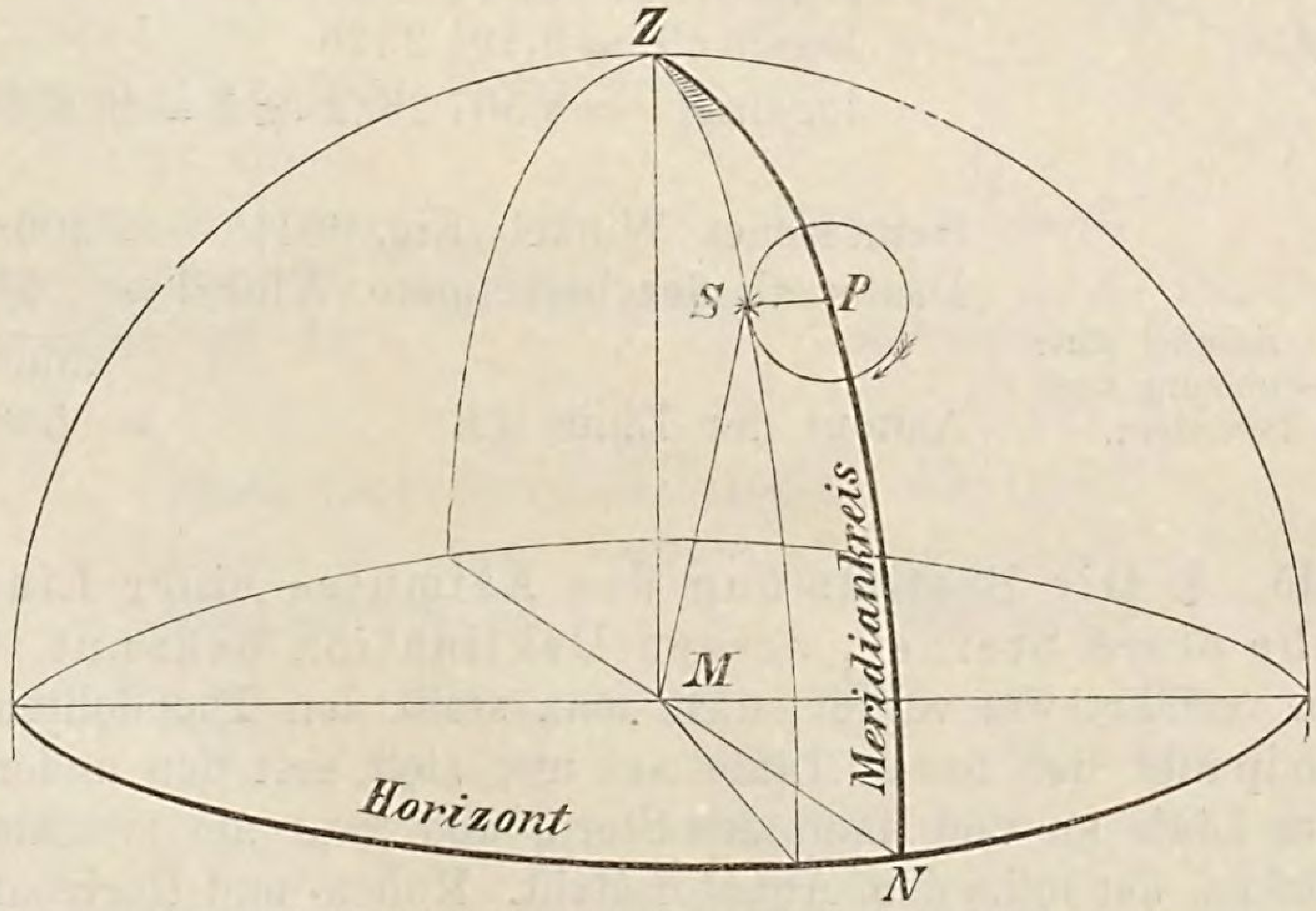


Fig. 360. Meridianbestimmung mittels des Polarsternes.

Der hierdurch gefundene Winkel ist um den Winkel SZP zu vergrößern oder zu verkleinern, je nach der Lage der festen Linie gegen den Meridian, und je nachdem der Polarstern in seinem östlichsten oder westlichsten Azimute angezielt wurde.

Der Winkel SZP des bei S rechtwinkeligen sphärischen Dreieckes läßt sich aus $PZ = 90^0 -$ Polhöhe des Beobachtungsortes und $PS = 90 -$ Deklination des Sternes nach der Formel $\sin SZP = \frac{\sin PS}{\sin PZ}$ berechnen.

Die obere Kulmination des Polarsternes findet statt in der Mitte Januar ungefähr um $5^1/_2$, Mitte Februar $3^1/_2$, März $1^1/_2$ Uhr nachmittags,

Mitte April $11\frac{1}{2}$, Mai $9\frac{1}{2}$, Juni $7\frac{1}{2}$, Juli $5\frac{1}{2}$, August $3\frac{1}{2}$, September $1\frac{1}{2}$ Uhr vormittags, Mitte Oktober $11\frac{1}{2}$, November $9\frac{1}{2}$, Dezember $7\frac{1}{2}$ Uhr nachmittags. Den größten westlichsten oder östlichsten Abstand vom Meridiane erreicht er ungefähr 6 Stunden früher oder später.

Hieraus ergiebt sich die ungefähre Zeit, wann der Polarstern in der brauchbaren Stellung sich befindet, und den genauen Zeitpunkt hierfür erkennt man aus der Beobachtung des Sternes selbst, da er mindestens 10 Minuten den vertikalen Faden nicht verläßt.

Man hat deswegen auch Zeit, die Winkelmessung in der zweiten Lage des Fernrohres zu wiederholen.

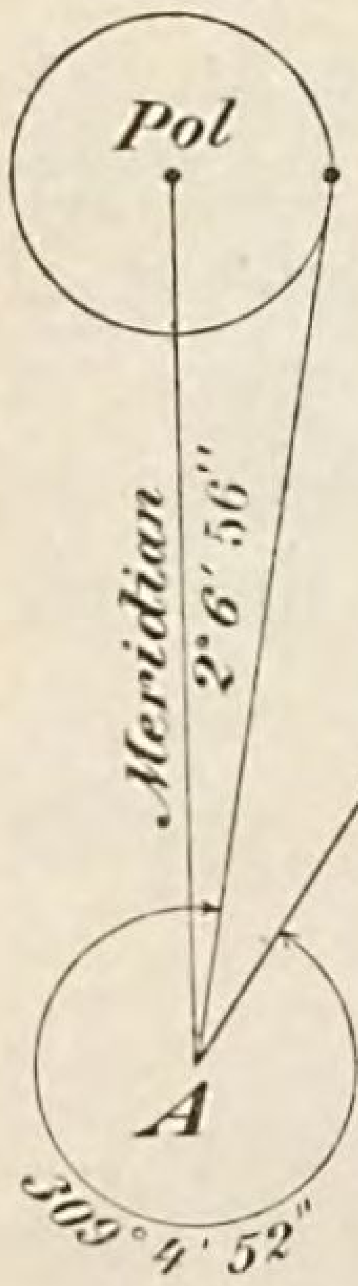


Fig. 361. Beispiel einer Azimutbestimmung nach dem Polarstern.

Beispiel, ausgeführt am 20. September 1884.

Deklination des Polarsternes	$= 88^0\,41'\,31''$
Poldistanz $90^0 - 88^0\,41'\,31''$	$= 1^0\,18'\,29''$
Polhöhe des Beobachtungsortes	$= 51^0\,48'\,16''$
$PZ = 90^0 - 51^0\,48'\,16''$	$= 38^0\,11'\,44''$

$$\log\sin PS = 8{,}358\,4658$$
$$\log\sin PZ = 9{,}791\,2326$$
$$\log\sin Z = 8{,}567\,2332 \quad \sphericalangle Z = 2^0\,6'\,56''$$

Gemessener Winkel (Fig. 361)	$= 309^0\;4'\,52''$
Davon ab der berechnete Winkel	$= 2^0\;6'\,56''$
	$306^0\,57'\,56''$
Azimut der Linie AB	$= 53^0\;2'\;4''$

§ 215. 3. **Die Bestimmung des Azimutes einer Linie nach der Höhe eines Sternes, dessen Deklination bekannt ist.**

Man verfährt wie vorher, d. h. man stellt den Theodoliten in dem einen Endpunkt der festen Linie auf und zielt erst den anderen Endpunkt der Linie an und dann den Stern, und zwar am zweckmäßigsten einen solchen, der nahe dem Äquator steht. Höhen- und Horizontalwinkel werden abgelesen und der Höhenwinkel wird wegen der Lichtrefraktion verbessert.

In Fig. 362 ist ein Vertikalkreis ZEH und ein Stundenkreis PEC durch den Stern E gelegt und in dem dadurch entstandenen sphärischen Dreiecke ZPE ist $ZE = 90^0$ weniger der beobachteten Höhe EH, $ZP = 90^0$ weniger der Polhöhe des Beobachtungsortes und $PE = 90^0$ weniger der Deklination des angezielten Sternes.

Aus den bekannten drei Seiten dieses Dreiecks berechnet man nach der Formel $\operatorname{tg}\frac{z}{2} = \sqrt{\frac{\sin(s-p)\sin(s-e)}{\sin s \,.\, \sin(s-z)}}$, worin die kleinen Buchstaben die gleichen den entsprechenden Winkel gegenüberliegenden Seiten

bedeuten und $s = \frac{p + z + e}{2}$ ist, den sphärischen Winkel Z, der dem Bogen NH, d. h. dem Azimute des Sternes in dem Augenblicke des Anzielens gleich ist.

Dieses durch Rechnung gefundene augenblickliche Azimut des Sternes ist je nach der gegenseitigen Lage von Meridian und fester Linie dem gemessenen Winkel im positiven oder negativen Sinne hinzuzufügen, um den Ergänzungswinkel (zu 360^0) des Azimutes der festen Linie zu erhalten.

Beispiel.
Ausgeführt am 20. Sept. 1884.
Polhöhe des Standpunktes $= 51^0 48' 16''$
Angezielt wurde in Ermangelung eines zweckmäßigeren Sternes α des großen Bären, dessen Deklination $= 62^0 22' 16''$ war.

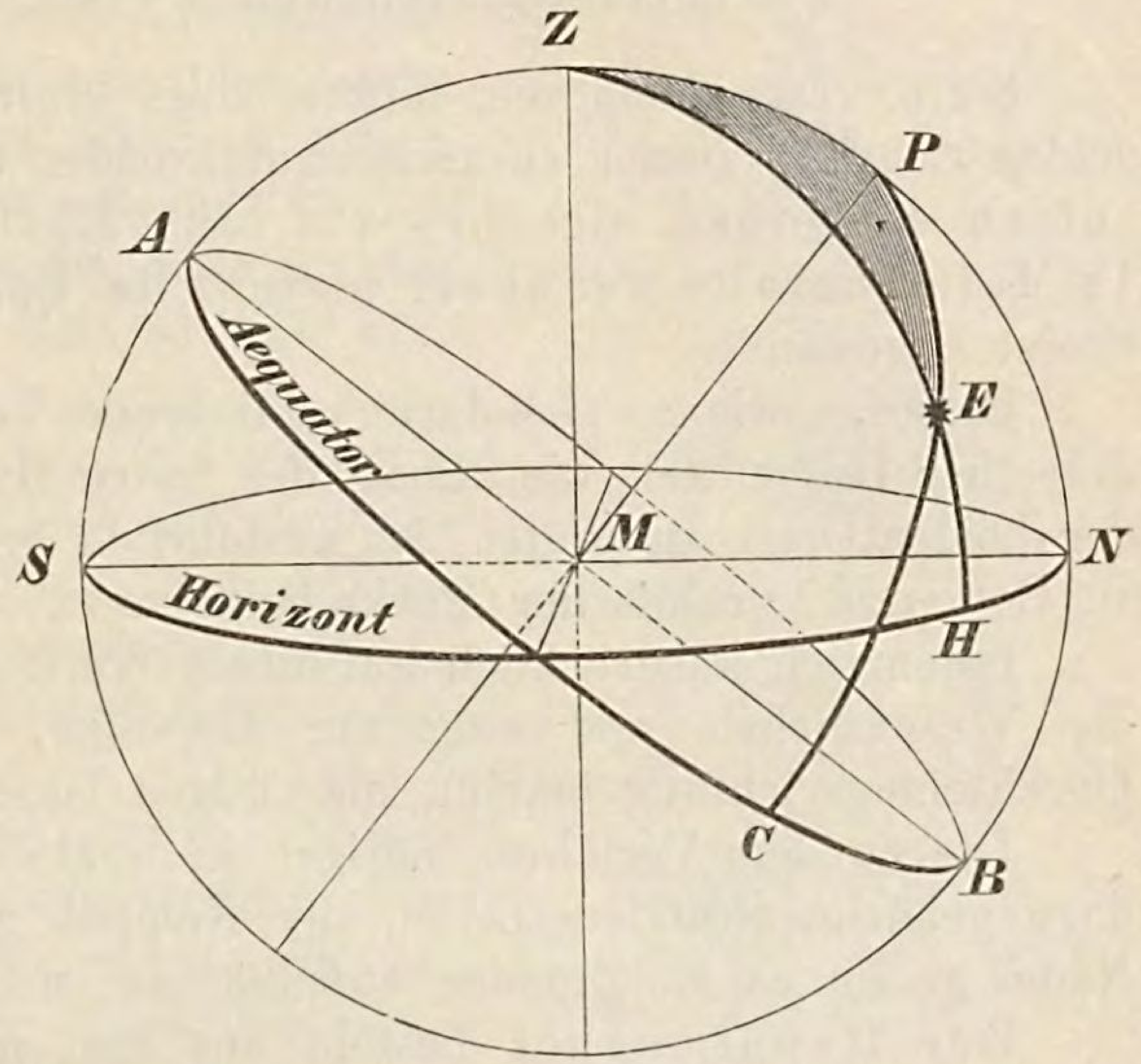


Fig. 362. Meridianbestimmung aus der Höhenbeobachtung eines Sternes.

Beobachtet wurde die Höhe	$= 32^0 16' 15''$
Davon ab wegen Refraktion	$= -^0\ 1' 31''$
Wirkliche Höhe	$32^0 14' 44''$

Seite $p = ZE = 90^0 - 32^0 14' 44'' = 57^0 45' 16''$
„ $z = PE = 90^0 - 62^0 22' 16'' = 27^0 37' 44''$
„ $e = PZ = 90^0 - 51^0 48' 16'' = 38^0 11' 44''$

Hieraus berechnet sich der Winkel $Z = 26^0 50' 14''$.

Der abgelesene Winkel zwischen der festen Linie AB und der Richtung nach dem Sterne $= 280^0\ 8' -''$
Dazu das berechnete Azimut des Sterns $= 26^0 50' 14''$
giebt $306^0 58' 14''$
Das Azimut der festen Linie $= 53^0\ 1' 46''$,

stimmt also mit der obigen Bestimmung nach dem Polarstern zufällig sehr genau überein.

Dreizehntes Kapitel.

Anwendung eines kräftigen Magneten zur Ermittelung der Durchschlagsrichtung zweier Gegenörter.

§ 216. Das Verfahren, mittels eines kräftigen Magneten die Durchschlagsrichtung zweier zusammenzuführenden Gegenörter zu bestimmen, sofern dieselben sich bis auf eine Entfernug von mindestens 18 Meter bereits genähert haben, hat Borchers vor ca. 45 Jahren zuerst angewandt.

Dieses, sowie ein sich daran schließendes Verfahren, unter Anwendung desselben Hilfsmittels die Stärke des festen Mittels und den Sohlenstand der beiden Örter zu prüfen, ist ausführlich beschrieben in dem Anhang zu Borchers' praktischer Markscheidekunst.

Indem ich ausdrücklich auf dieses Werk verweise, werde ich daraus das Wesentlichste und zwar nur dasjenige, was die Ermittelung der Durchschlagsrichtung betrifft, hier folgen lassen.

Die zu dem Verfahren nötigen Apparate sind der Hauptmagnet, die dazu gehörige Stundenscheibe, der Kompaß mit einer Vorrichtung, die Nadel an einem Kokonfaden aufzuhängen, und ein kleiner Hilfsmagnet.

Der Hauptmagnet besteht aus fünf magnetisierten Stahlstäben von 125 cm Länge, 8 cm Breite und 2 cm Dicke, welche in zwei hölzernen Kasten eingeschlossen sind. Der eine Kasten enthält nur einen Stab, der andere die übrigen Stäbe. Diese letzteren liegen nicht unmittelbar aufeinander, sondern sind in der Mitte und an den Enden durch dazwischengelegte Pappstücke getrennt.

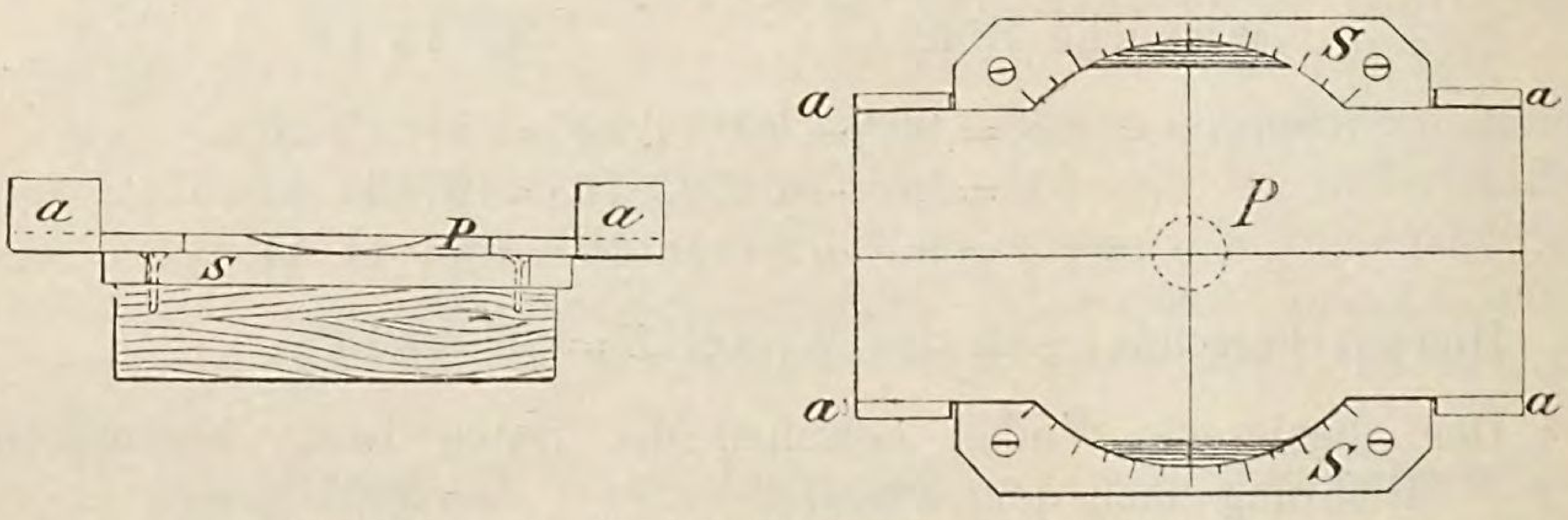
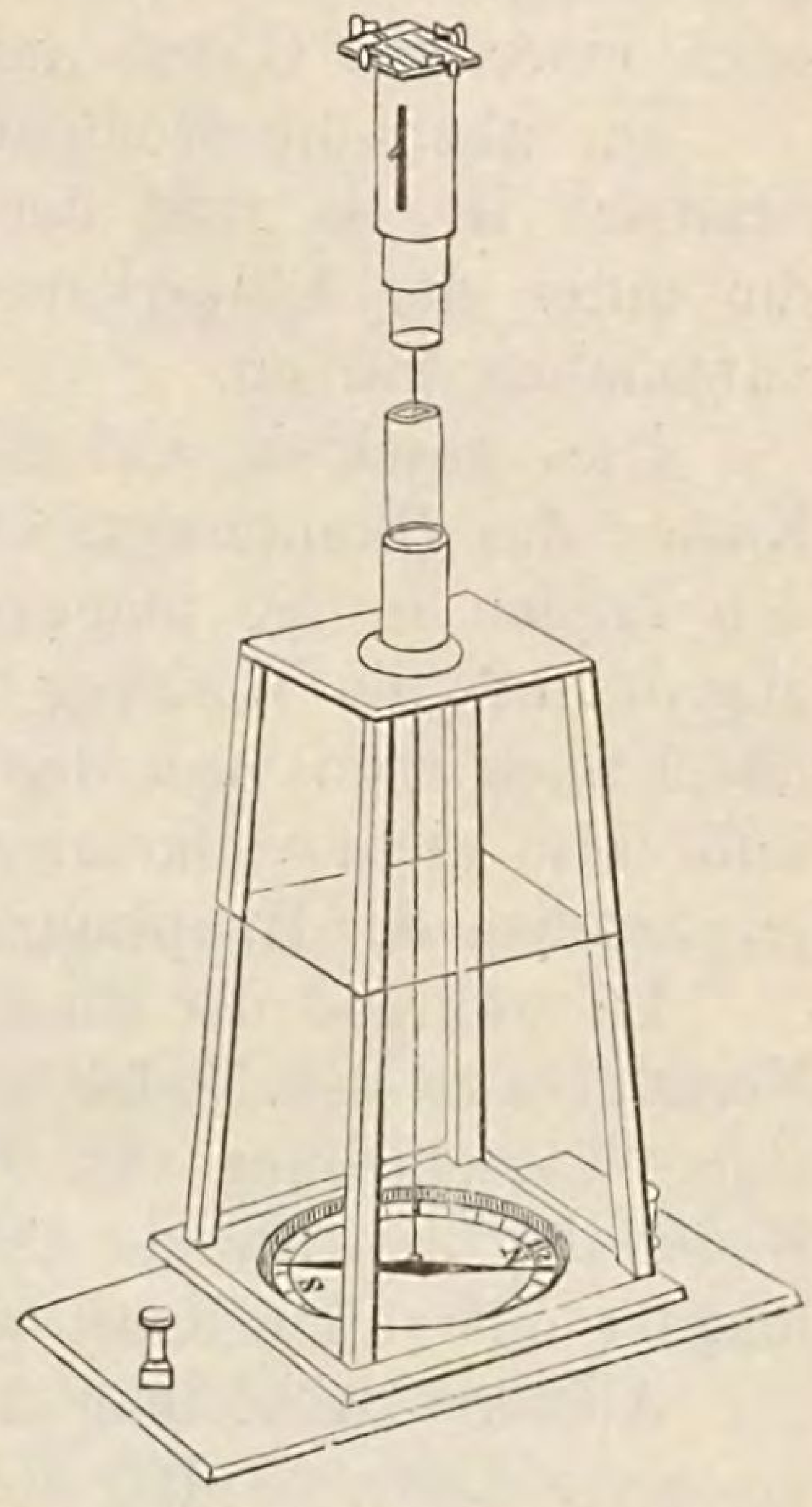


Fig. 363 a u. b. Gradscheibe für den großen Magneten.

Der größere Kasten ist in der Mitte der oberen Seite mit einem Zapfen versehen, welcher in ein Loch des kleinen Kastens paßt. Um diesen Zapfen kann der kleine Kasten gedreht und dadurch den Polen des darin befindlichen Magnetstabes eine umgekehrte Lage gegen die der Stäbe im großen Kasten gegeben werden. Dadurch wird ein Teil der magnetischen Kraft der letzteren aufgehoben.

Im Laufe des Verfahrens muß der Hauptmagnet in verschiedene bestimmte Richtungen gestellt werden können, ohne daß die Lage seines Mittelpunktes sich verändert. Hierzu dient eine messingene Gradscheibe *S*, welche mittels versenkter Schrauben auf einem starken Brette befestigt werden kann. Um den Mittelpunkt der Gradscheibe läßt sich eine messingene Platte *P* drehen, zwischen deren Ansätzen *a*, *a*, *a*, *a* der Hauptmagnet eingelegt werden kann. Rechtwinkelig zur Längenachse des eingelegten Magneten ist die Indexlinie eingeschnitten.


Fig. 364. Gläsernes Schutzgehäuse.

Bis zu Entfernungen von 6 m kann ein gewöhnlicher Zulegekompaß mit empfindlicher Nadel benutzt werden, für größere Entfernungen ist ein Kompaß erforderlich, dessen Nadel an einem feinen Kokonfaden aufgehängt ist.

Der stählerne Stift ist aus der Bodenplatte des Kompasses herauszuschrauben und auf den Ring der Zulegeplatte ein Gehäuse zu schieben, dessen Einrichtung aus Fig. 364 vollständig zu ersehen ist.

Die Seiten des Gestelles sind zur Abhaltung der Zugluft mit Spiegelglas zu versetzen und das obere Ende des Glasrohres ist mit einer verschiebbaren Hülse und mit einer kleinen Schlittenvorrichtung zur Zentrierung der Nadel zu versehen. Die Nadel braucht übrigens nicht genau zentrisch zu hängen, wenn an beiden Spitzen abgelesen wird.

Der Hilfsmagnet ist ein kleiner 25—43 cm langer Magnetstab.

§ 217. Das Verfahren ist folgendes: In dem einen Gegenort wird auf einer starken Unterlage die Gradscheibe (Fig. 363) so befestigt, daß die Nulllinie im magnetischen Meridian sich befindet, in dem anderen Gegenorte wird auf einer Unterlage in möglichst gleicher Höhe mit der Gradscheibe der Kompaß so aufgesetzt, daß die Nadel auf Null einspielt.

Die Nadel des Kompasses muß sodann in einen möglichst astatischen Zustand versetzt werden. Zu diesem Zwecke legt man den Hilfsmagneten mit umgekehrten Polen in die Richtung der Nord-Südlinie auf die vom Hauptmagneten abgewandten Seite des Kompasses und schiebt ihn so lange vor- und rückwärts, bis die richtende Kraft der Nadel aufgehoben ist.

Nachdem diese Vorbereitungen beendet sind, wird der Hauptmagnet (der kleine Kasten oben aufliegend) auf die drehbare Platte P der Gradscheibe gelegt und schätzungsweise in die Durchschlagsrichtung gebracht. Der große Magnet wirkt auf die astatische Nadel des Kompasses und stellt sie nach einer von GAUSS aufgestellten Regel in eine bestimmte Richtung.

Da aber die Kompaßnadel nicht für alle Stellungen vollkommen astatisch ist, so muß der letzte Rest der richtenden Kraft wieder für die unter der Einwirkung des Hauptmagneten angenommene Stellung aufgehoben werden.

Dies geschieht auf folgende Weise: Man dreht den oberen kleinen Kasten des Hauptmagneten, welcher nur einen Magnetstab enthält, um den Zapfen in die umgekehrte Lage und schwächt dadurch, wie oben angedeutet, die Wirkung des großen Magneten. War in der Kompaßnadel noch etwas von der eigenen richtenden Kraft vorhanden, war dieselbe also nicht vollkommen astatisch, so wird ihre Stellung sich ändern, je nachdem der Hauptmagnet mit voller oder geschwächter Kraft wirkt.

Ist während der Einwirkung des geschwächten Hauptmagneten eine Veränderung der Nadel erkennbar, so wird man durch eine ganz geringe Verschiebung des Hilfsmagneten zu erreichen suchen, daß die Nadel sich dem Stande nähert, welchen sie einnimmt, wenn der Hauptmagnet mit voller Kraft wirkt.

Alsdann dreht man den oberen Stab des Hauptmagneten wieder in die erste Lage, so daß die volle Kraft wieder hergestellt ist und überzeugt sich, ob die Kompaßnadel ihre Stellung verändert, und ob die Verschiebung des Hilfsmagneten hinreichend gewesen ist. Wenn sich noch eine Veränderung der Nadel zeigt, so wiederholt man das Verfahren solange, bis die Kompaßnadel bei voller und bei geschwächter Kraft des Hauptmagneten dieselbe Richtung beibehält.

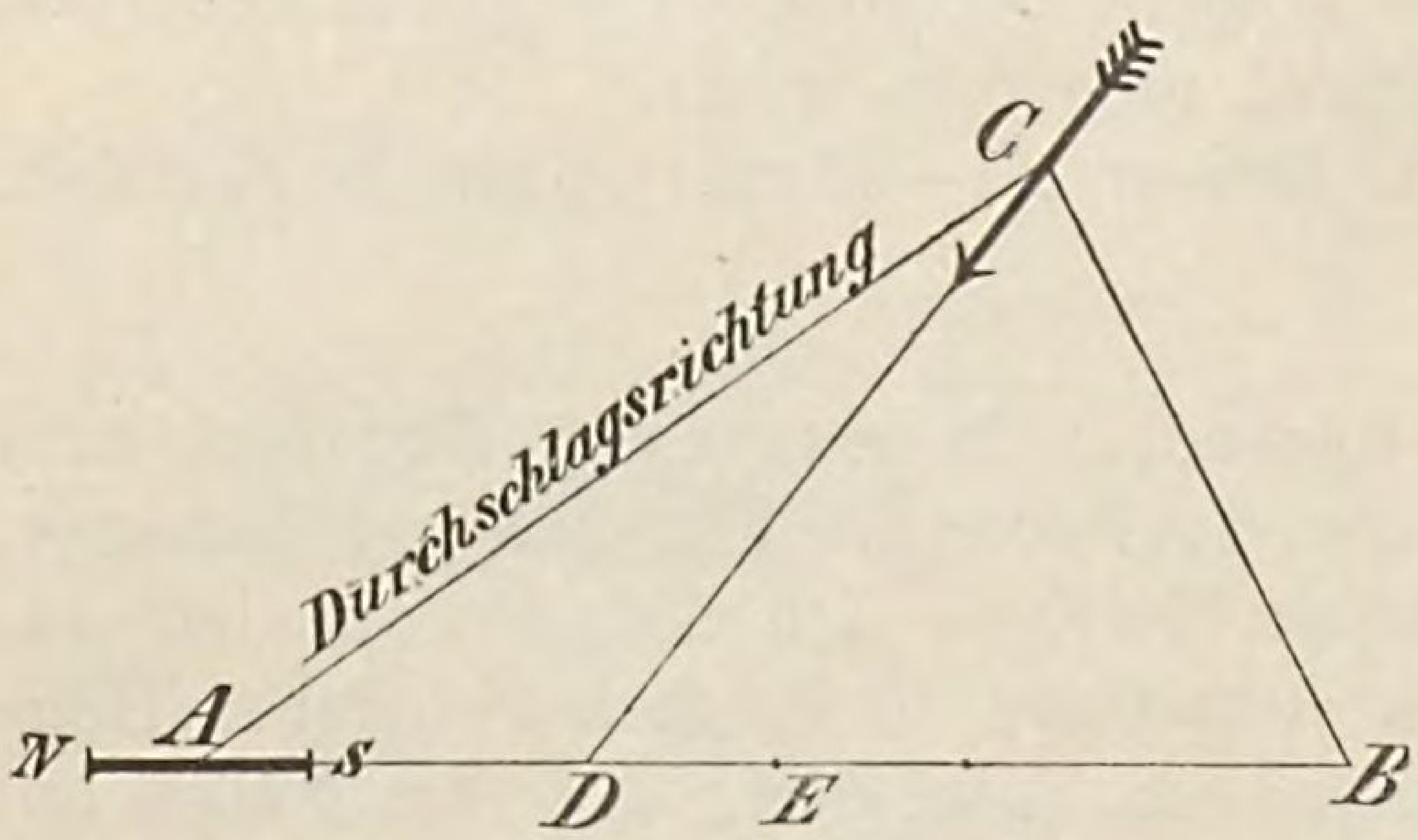


Fig. 365. GAUSSsche Regel.

Aus diesem am Kompaß abgelesenen Winkel und aus der Richtung des Hauptmagneten läßt sich nach einer von GAUSS aufgestellten Regel die Durchschlagsrichtung bestimmen.

Ist in Fig. 365 ABC ein bei C rechtwinkeliges Dreieck und befindet sich in A der Mittelpunkt des Hauptmagneten und seine Längsachse in der Richtung der Hypotenuse AB, befindet sich ferner die astatische Nadel in C, so wird dieselbe unter dem Einfluß der richtenden Kraft des großen Magneten ihre Stellung in der Linie CD einnehmen. Die Richtung dieser Linie ist dadurch bestimmt, daß $AD = \frac{1}{3} AB$.

Streng genommen soll der Magnet NS sehr klein sein, jedoch läßt sich der Satz für den vorliegenden Zweck ohne erhebliche Fehler in Anwendung bringen.

Die Durchschlagsrichtung AC läßt sich nun wie folgt berechnen.

In Fig. 366, welche dieselbe Lage des Hauptmagneten und des Kompasses, wie die vorige Figur zeigt, sind Ax und Cy die Richtungen der Magnetlinie, durch C ist FG parallel mit AB, d. h. mit der Richtung des großen Magneten und von C, außer der schon vorhandenen Linie CD, noch die Linie CE derartig gezogen, daß $AE = EB$ ist.

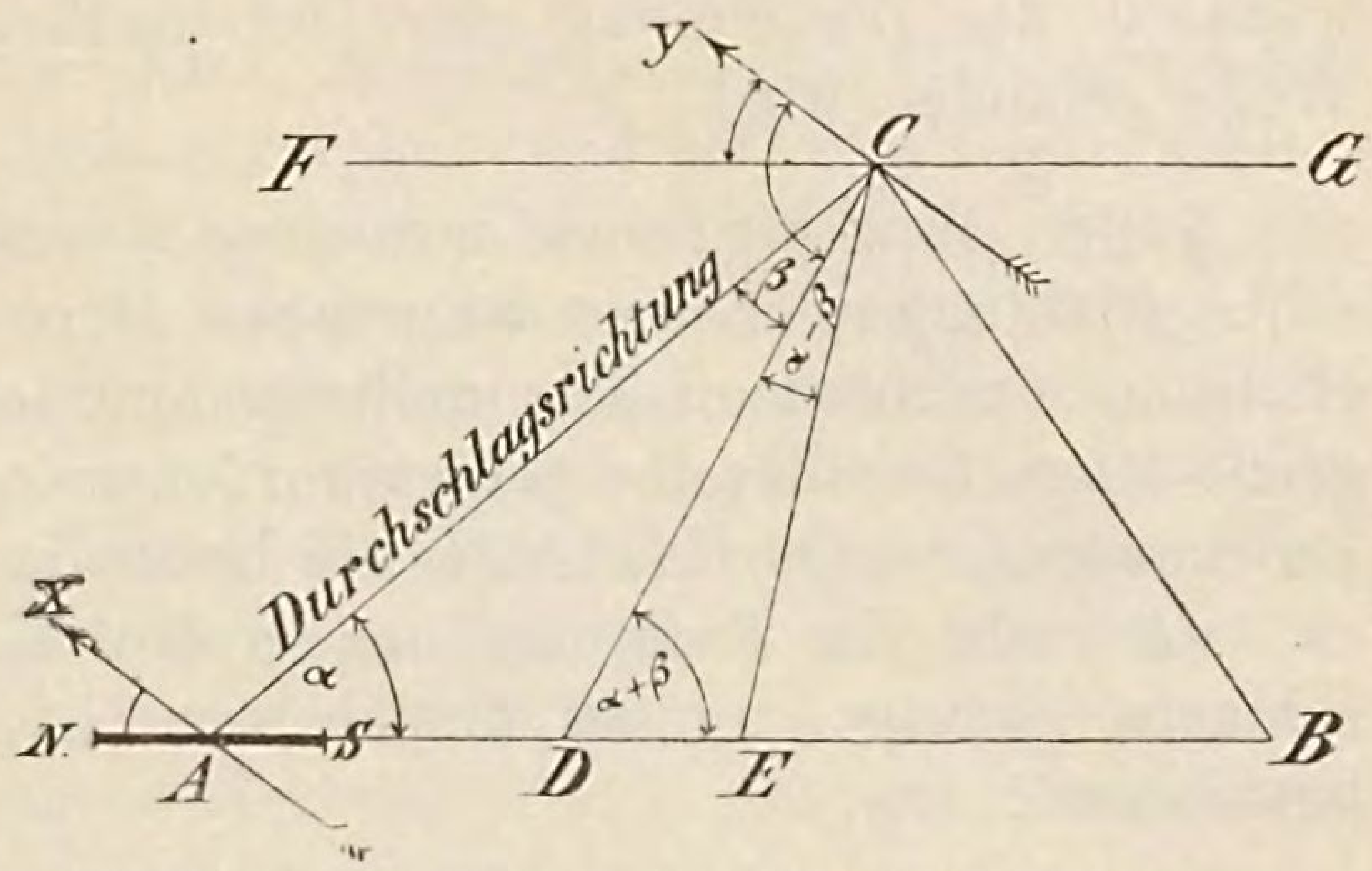


Fig. 366. Berechnung der Durchschlagsrichtung.

Der Magnet NS ist um den Winkel NAx gegen die Magnetrichtung gedreht und die astatische Nadel um den Winkel yCD. Da $\sphericalangle yCF = \angle xAN$, so ist $\angle FCD = \angle yCD - xAN = \angle CDE$. Der letztere Winkel ist aber als Außenwinkel $= \alpha + \beta$. Um den Winkel α weicht die Durchschlagsrichtung von der Richtung des großen Magneten und und um den Winkel β von der Richtung der Kompaßnadel ab.

Die Winkel α und β sind zu berechnen.

In dem Dreiecke CDE ist, da das Dreieck AEC gleichschenkelig ist, der Winkel $DCE = \alpha - \beta$, ferner ist die Seite $DE = \frac{1}{3} AE = \frac{1}{3} CE$. Nach dem Sinussatze verhält sich

$$\sin(\alpha + \beta) : \sin(\alpha - \beta) = 3 : 1, \qquad \sin(\alpha - \beta) = \tfrac{1}{3}\sin(\alpha + \beta).$$

Wäre z. B. an der Gradscheibe des großen Magneten 45° abgelesen und am Kompaß 86° 15′, so ist der Unterschied $= 41^0 15' = \alpha + \beta$, $\sin 41^0 15' = 0{,}6593$, $\frac{0{,}6593}{3} = 0{,}2198$, dazu gehört der Streichwinkel $12^0 41' 50''$.

$$\begin{aligned} \alpha + \beta &= 41^0 15' -'' \\ \alpha - \beta &= 12^0 41' 50'' \\ \hline \alpha \quad &= 26^0 58' 25'' \\ \beta \quad &= 14^0 16' 35'' \end{aligned}$$

Die Durchschlagsrichtung ist

$$45^0 -' + 26^0 58' 25'' = 71^0 58' 25''$$
$$\text{und } 86^0 15' - 14^0 16' 35'' = 71^0 58' 25''$$

Dies aus der Berechnung hervorgegangene Streichen ist von 360 bezw. 180 Grad je nach der Einteilung des Kompasses abzuziehen, da die Nord-Südlinie des Kompasses während des ganzen Verfahrens stets in derselben Lage bleibt und die Nadel gleichsam wie eine Alhidade

gedreht wird. Die mit dem Hängezeug abzugebende Stunde würde demnach sein:

$$360 - 71^0 58' 25'' = 288^0 1' 35''.$$

Der Fig. 366 entsprechend hat BORCHERS ein Instrument konstruiert, wodurch die Berechnung der Durchschlagsrichtung auf mechanischem Wege gefunden wird.

§ 218. Man wird sich mit einer einmaligen Bestimmung der Durchschlagsrichtung aber nicht begnügen. Denn nur in dem Falle, wenn diese Richtung durch einen Theodolitzug hinreichend genau ermittelt und der große Magnet in dieselbe gelegt worden war, wird man bei der einmaligen Bestimmung des Durchschlages ein brauchbares Ergebnis erwarten können.

Je mehr die Richtung des großen Magneten von der des Durchschlages abweigt, um so unsicherer fällt die einmalige Durchschlagsbestimmung aus.

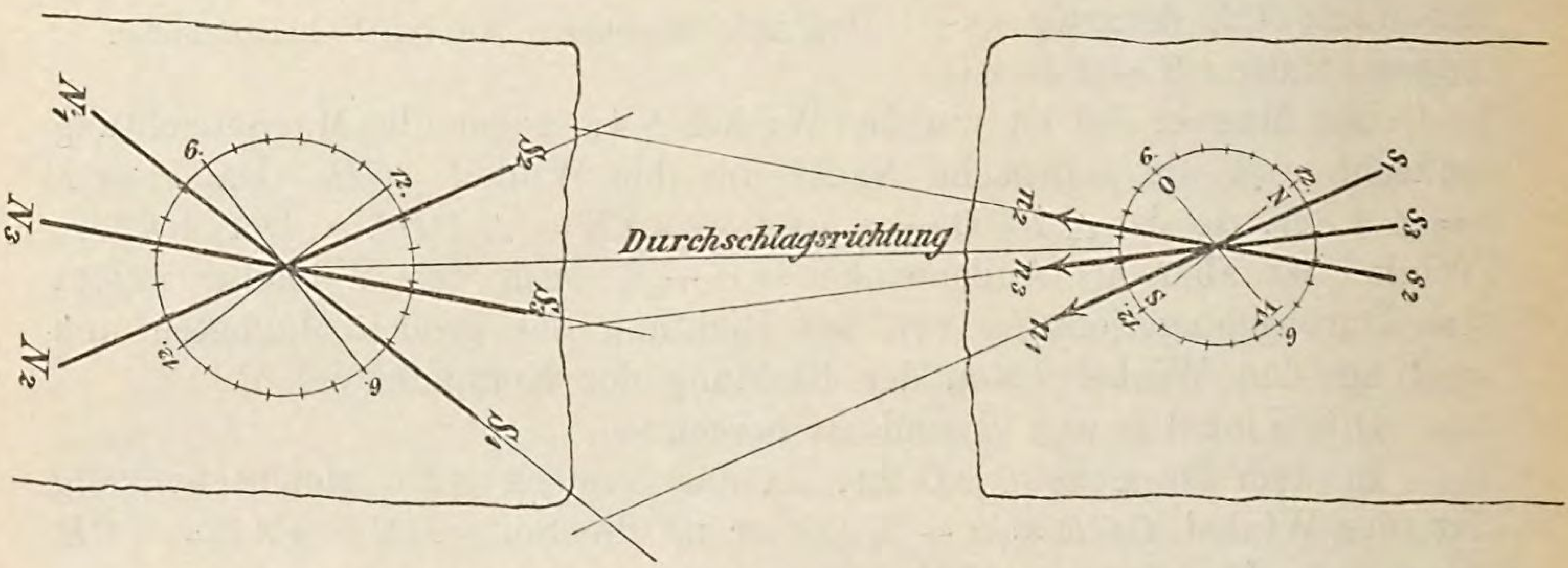


Fig. 367. Durchschlagsbestimmung mittels eines kräftigen Magneten.

Man verfährt deshalb folgendermaßen:

Nachdem in Fig. 365 die Richtung der Kompaßnadel $n_1 - s_1$ gefunden ist, welche nur allein von der Stellung des Hauptmagneten $N_1 - S_1$ bedingt wird, bringt man den Hauptmagneten mit Hilfe der Gradscheibe in eine der Richtung $n_1 - s_1$ parallele Lage $= N_2 - S_2$. Dadurch wird die Kompaßnadel eine neue Stellung $n_2 - s_2$ einnehmen. Giebt man dem Hauptmagneten danach die Lage $N_3 - S_3$ parallel zur Nadelstellung $n_2 - s_2$, so entsteht die neue Nadelrichtung $n_3 - s_3$ u. s. w.

Aus der Fig. 367 ist ersichtlich, daß die Stellungen des großen Magneten und der Kompaßnadel sich immer mehr der Durchschlagsrichtung nähern und zuletzt bei Fortsetzung dieser Methode in dieselbe hineinfallen müssen.

Das Verfahren ist wissenschaftlich sehr interessant, hat aber, weil seine Anwendung mit Mühe, Zeit und Kosten verbunden ist, keine Verbreitung bei den praktischen Markscheidern gefunden und wird sie auch nicht finden.

Anhang.

Behandlung der Meßinstrumente.

Die Meßinstrumente, Theodoliten, Bussolen und Nivellierinstrumente sollen in den Tragekästen sorgfältig verpackt und befestigt sein, namentlich sollte bei den Theodoliten neben der überall üblichen Befestigung mittels einer Art Zentralschraube an der aus- und einschiebbaren hölzernen Standplatte niemals die Sicherung durch eine Spannleiste fehlen. Diese hölzerne Leiste ist in der Mitte gepolstert und an den Enden durchlocht, sie wird zwischen den Fernrohrträgern hindurch geschoben und an den Enden durch lange Schrauben mit der hölzernen Standplatte verbunden. Dadurch wird dem Theodoliten ein ganz sicherer Stand gegeben und namentlich werden die Alhidaden- und Hauptkreisachse, sowie der Limbus vor Beschädigungen bewahrt.

Auf Reisen nimmt man die Instrumente als Handgepäck zu sich in den Wagen, wo man sie stets überwachen kann. Muß ein Instrument als Frachtgut verschickt werden, so ist der Tragekasten in einer Überkiste gut zu verpacken und das Instrument mit Wergballen zu umgeben.

Zum Gebrauch in der Grube werden die Instrumente immer mit der Förderschale in den Schacht gehängt. In sehr nassen, in unregelmäßigen und in tonnlägigen Schächten ist der Tragekasten auch in eine Überkiste zu stellen.

In Erzgruben müssen zuweilen Arbeiten in verschiedenen Sohlen ausgeführt werden, und es ist deshalb nötig, beim Fahren in kurzen Schachtstücken die Instrumente mit sich zu führen. Zu diesem Zwecke sind für die Theodoliten runde Zinkbüchsen zu empfehlen, die an einem Riemen um den Hals gehängt werden.

Die Instrumente sind vor Staub zu schützen. Man muß sie vor und nach dem Gebrauch mit einem weichen dicken Haarpinsel abstäuben. Zu Hause wird man mit reiner alter Leinwand oder mit weichem Leder die Reinigung nochmals vornehmen. Mit einem feinen Holzspatel, der mit Leinen umwickelt ist, kann man in alle Ecken und Ritzen eindringen, die Schrauben am Mikrometerwerke und die Stellschrauben des Dreifußes reinigen.

Das Reinigen der Lupengläser, der Okularlinsen und der Außenflächen des Objektivs geschieht ebenfalls mittels eines weichen, aber reinen leinenen Läppchens, nötigenfalls unter Anwendung von etwas Alkohol. Ist aber zwischen den Gläsern des Objektivs eine Trübung zu beseitigen, so überlasse man dies am besten dem Mechanikus.

Die Instrumente sind an einem trockenen Orte in den Tragekästen aufzubewahren. Sollte ein Instrument naß geworden sein, so betupfe man es vor dem Einpacken mit einem reinen Taschentuche und in der

Stube trockne man nochmals mit Fließpapier und Leinwand durch Tupfen ohne zu reiben.

Beim Auseinandernehmen der Instrumente sind die einzelnen Teile so zu legen, daß man sofort sieht, wie die einzelnen Stücke zusammenpassen, zu welcher Öffnung jede Schraube gehört u. dergl. Beim Heben des Instrumentes muß man streng vermeiden, eine Achse aus ihren Lagern zu ziehen oder stark in dieselben einzupressen. Am besten legt man eine Hand dabei unter den Dreifuß. Beim Drehen faßt man an zwei diametral gelegenen Stellen an.

Achsen und übereinander gleitende Metallteile sind von Zeit zu Zeit zu ölen. Man benutzt hierzu bestes Knochenöl, das in den kleinsten Mengen zu verwenden ist. Vor dem Einfetten ist das alte Öl mit Leinwand oder Leder nötigenfalls unter Anwendung von etwas Benzin zu entfernen. Das Auftragen des frischen Öles erfolgt mit der Fingerspitze. Die Teilungen sollen nie mit den Fingern berührt werden. Ist ein Putzen derselben erforderlich, so thue man dies mit weichem Leder und streiche rechtwinkelig zu den Teilstrichen. Die Schrauben der Mikrometerwerke sind häufig zu reinigen und einzufetten. Man soll nicht immer dieselben Stellen der Schrauben benutzen und mit den Mikrometerschrauben nicht zu weite Drehungen ausführen. Federn an den Instrumenten sollen während des Nichtgebrauches in mittlerer Spannung sein. Beim Aufstellen der Instrumente ist die Spirale der Zentralschraube zuerst nur sanft anzuziehen, und die Preßschrauben, die den Gang der Stellschrauben regeln, sind zu lockern. Nach vollendeter Zentrierung und Horizontierung werden die Preßschrauben und die Spirale fest angezogen.

Die Meßbänder müssen nach dem Gebrauche vorläufig mit Stroh oder einem Lappen abgewischt, zu Hause aber trocken gerieben werden. Am Schluß sind sie mit einem eingeölten Lappen zu überfahren, so daß sie sich immer etwas fett anfühlen.

Die Nivellierlatten werden am zweckmäßigsten auf Gerüsten in horizontaler Lage aufbewahrt. Der Anstrich der Latten, sowie der Signalstangen ist von Zeit zu Zeit zu erneuern.

Die Preise der Instrumente sind durch die leicht und kostenfrei zu beziehenden Verzeichnisse der mechanischen Institute zu erfahren. Von letzteren sind für Markscheiderinstrumente zu empfehlen: F. W. Breithaupt und O. Fennel in Kassel, Hildebrand in Freiberg (Königreich Sachsen), H. Hoffmann in Klausthal (Spezialist für Magnetkollimatoren), R. Reiss in Liebenwerda für allerlei Hilfsgeräte der Meßkunst.

Sachregister.

(Die Zahlen beziehen sich auf die Seiten.)

Abkneifen beim Messen an der Schnur 29.
Absehvorrichtungen 44.
Abstecken (Ausfluchten) von geraden Linien 24—25.
— mit Hindernissen 35—36.
— von Kreiskurven 36. 37.
— von rechten Winkeln 38.
Abwägestäbe 183.
Achromatismus der Linsen 45.
Achsen und Achsenlager 56.
— am Theodoliten und ihre Prüfung 76. 79.
Alhidade 65. 66. 91.
Amplitude, magnetische 15. 335. 337.
Anfangsmeridian 6.
Angliederung v. Dreiecken 213.
Anschlußdreieck 294. 297.
Anschlußmessungen 290 ff.
Anschlußwinkel 295.
Arme zur Instrumentaufstellung 49. 64. 71.
Arretierung der Magnetnadel 123.
Aufnahme von Grubenräumen 245.
Aufstellung, exzentrische 88.
Aufstellungsvorrichtungen 48.
Augenglas des Okulars 45.
Ausgleich von Fehlern bei Vorwärts- und Rückwärtseinschneiden 214. 217. 221.
— mechanisch 261.
— im Polygon 226.
— in Nivellements 183.
— rechnerisch 234 ff.
Außenwinkel zweier Streichwinkel 147.
Azimut 12.
— eines Sternes 5. 359.
Azimutaltransporteur 260.
Azimutbestimmung 353—359.

Bajonettstellung der Teilstriche 68.
Basis 22. 210. 312.
BAYERsches Heliotrop 97.
Beleuchtung des Fadenkreuzes 47.
— der Nonien 251. 252.
Berechnungsrichtung 13.
Berichtigen der Nivellierinstrumente 175 ff.
— des Hängezeuges 133 ff.
— des Kompasses 126.
— des Theodoliten 72 ff.
— von Instrumenten 23.
Bestimmen des Azimutes 353 ff.
— des Richtwinkels 325.
— des eisenfreien Streichens 156.
Bezifferung des Höhenkreises 71.
— des Kompasses 123.
Bildfläche der Projektionen 19.
Böcke beim Längenmessen 28 ff.
Bogenschnitt 281.
BORCHERS Hängelatte 167.
Böschungsmaßstab 344. 350.
BRAUNSDORFsches Hängezeug 149.
Brechungswinkel 22.
Breite eines Sternes 9.
— geographische 6.
BREITHAUPT, Magnettheodolit 317.
— Zentrierscheibe 102.
— Zentrierstativ 103.
Bremsen 57.

CAMPANI, Okular 45.
CHRISMARsche Zentriervorrichtung 101.

Dämpfung der Kompaßnadel 129.
— des Deklinationsstabes 311. 320.
Darstellungen, bildliche 18.
Deklination, absolute 333.
— eines Sternes 5.
— magnetische 14—16.
Deklinationskarten 18.
Deklinatorien 309 ff.
— Benutzung 335.
— selbstschreibende 312. 334.
— von FENNEL 323.
Depression des Horizontes 169.
Differenzialschraube 58.
Diopter 44.
Distanzmessendes Fadenkreuz 339 ff.
Doppelnonien 73.
Doppelringe 96.
Dosenlibelle 55. 73. 100. 160.
Drehung, recht- und widersinnige 13.
Dreieck, fehlerzeigendes 214.
Dreiecke verschiedener Ordnung 210. 212.
Dreiecksmethode 22. 208—213.
Dreiecksnetze 209.
Dreifuß 49.
Druck- und Zugschrauben 57.
Durchschlagen des Fernrohres 70.
Durchschlagsangabe 267.
— mit einem kräftigen Magneten 360 ff.
Durchschlagsberechnung 266.
Durchschlagszüge 231. 264.

Einbinden einer Linie 282.
Einketten 212.
Einrechnung eines Polygonzuges 292.
Einzelmessung 245. 282.
Eisenfreies Streichen 146. 156.
Eisenscheiben 59.
Ekliptik 8.
Empfindlichkeit der Kompaßnadel 128.
— der Libelle 53.
Erde, Erdsphäroid 2.
Erdkrümmung 169.
Exzentrischer Winkel 88.
Exzentrisches Fernrohr 71.
Exzentrizitäten am Kompaß 127 ff.
— am Theodoliten 91 ff.

Fadenaufhängung des Magneten 310. 318.
Fadenkreuz 46.
— distanzmessendes 339.
— Prüfung 76.
Fadenplanimeter 286.
Fallwinkel 23.
— Bestimmung 248.
Farbengebung auf Rissen 274.
Fehler am Gradbogen 187 ff.
— am Hängezeug 132 ff.
— am Kompaß 126 ff.
— am Theodoliten 73 ff. 89 ff.
— an Nivellierinstrumenten 175 ff.
— der lineare 227.
Fehlerauffinden in der Längenmessung 227.
— in der Winkelmessung 229.
Fehlerausgleichungen in der mechanischen Zulage 261.
— in Polygonzügen 231—237.
Fehlerentstehung in den Grubenrissen 232.
Fehlergrenzen in den Längenmessungen 35.
— in geom. Nivellements 182.
— in trig. Nivellements 189. 193.
— in Polygonzügen 230.
Feinstellwerke 57.
Fernrohr, Durchschlagen, Umlegen 70.
— erste und zweite Lage 70.
— Theorie 44.
Firstenkrampen, -nägel 99.
Flächenberechnung, Genauigkeit 289.
— nach Originalzahlen 284. 285.
— nach Plänen 286.
Fluchtstäbe 24.
Freiberger Aufstellung 108 ff.
— Hängezeug 139.
FUHRMANNsches Hängezeug 154.
Fundamentalrisse 272.
Fuß der Instrumente 49.

Gang der Uhr 11.
GAUSSsches Deklinator. 309.
Gegenzug 24.
Geoid, geoidische Fläche 1. 158.
Geometrisches Nivellement 168 ff.
Glasmodelle von Rissen 277.
Gnomon 10. 354.
Gradbogen 185 ff.
— von KÄSTNER 190.
— von SCHNEIDER 191.
Gradscheibe 258.
Graphischer Ausgleich 214. 217. 221.
Gratlinie 345.
Grenzen der Fehler in Polygonen 230.
— der Längenmessung 35.
— in geom. Nivellements 182.
— in trig. Nivellements 189. 193.
Grubenlichter für Markscheider 251 ff.
Grubennivellierlatten 164.
Grubenrisse 270 ff.
Grubenzug mit Kompaß 242.
Grundriß 270. 273.
Gyrus 84.

Haken am Gradbogen 186.
— am Kompaß 131.
Hakenlinie 133.
Hängebogen von SCHNEIDER 190.
Hängekompaß, zentrierbarer 153.
Hängelampen von WEISSBACH 105.
Hängelatte 166. 167. 175.
Hängelibelle 53.
Hängen der Stunde 249.
Hängezeug, Freiberger 139.
— von FUHRMANN 158.
— von OSTERLAND 139.
— von RÖSSLER 121.
— von STUDER 129 ff.
HANSENs Aufgabe 224.
Hauptpolygonzüge 226.
Heliotrop 97.
HILDEBRANDscher Röhrenkompaß 315.
Himmelsäquator 3.
Höhe eines Sternes 5. 359.
Höhenkreis 72. 79. 94.
Höhenmarke 175.
Höhenmessungen, trigon., Genauigkeit 193.
— — in der Grube 184.
— — über Tage 194.
— tachymetrische 341 ff.
Höhen- und Tiefenwinkel 12. 73. 95.
Höhenunterschied 158.
Höhenzahl 19. 158. 173.
Horizont, astronomischer, scheinbarer, wirklicher 2.
— künstlicher 71. 79. 114.
Horizontalachsen 56.
Horizontalwinkel 12. 81.
Horizontgleichung 210.
HUYGHENSsches Okular 45.

Illuminator 47.
Indexfehler 79.
Inklination, magnetische 18. 129. 308.
Inklinationsfehler des Theodoliten 90.
Intensität, magnetische 17. 308. 336.
Isogone 16.

Kammerlibellen 52.
KAWERAUsche Spreize 48.
Klemmung, zentrale und periphere 57.
Kippschraube an Nivellierinstrumenten 162. 176 ff.
Kokonfaden 321.
Kollektiv des Okulars 45.
Kollimationsfehler am Hängezeug 133.
— am Theodoliten 75. 89.
Kollimationslinie des Magnetstabes 333.
Kollimator 318 ff.
Kollimatorstellung zweier Fernröhre 330.
Kompaß 119 ff.
Kompaßbüchse oder Napf 123.
Kompaßring 129.
Kompaßstäbchen von LEHMANN 152.
— von REICHELT 151.
Kompaßteilung 124 ff.
Kompaßzulage 256.
Konvergenz der astronomischen Meridiane 14. 353.
— der magnetischen Meridiane 18.
Koordinaten, rechtwinkelige 19. 20.
— sphärische 21.
— Zulage nach 263.
Koordinatenberechnung 207.
Koordinatenmethode 22. 281.
Koordinatenverwandlung 203.
Kopieren von Rissen 277.
Kopiernadel 278.
Kreiskurven 36.
Kreisteilung des Kompasses 124.
— des Theodoliten 65.
Kreuzhängezeug von RÖSSLER 121.
Kreuzschnüre 148.
Krümmungsradius 7.
Kubizierung eines Teiches 349.
Kugelabweichung 45.
Kugelgelenk 49. 51.
Kugelmutter 58.
Kulmination 4. 355.
Kunstprofil 352.

Lagen des Fernrohrs 70. 93.
Lager, zylindrische 56.
Lamellenstab 320.
Länge eines Sternes 9.
— geographische 6.
Lattenprobe 132.
Legebrett 54.
LEHMANNS Kompaßstäbchen 151.
Libellen 52 ff.
— Prüfung, Empfindlichkeit 53 ff.
— am Höhenkreis 74.
— am Theodoliten 74.
Libellenachse 52.
Libelleninstrumente 159—162.
— Prüfung 175—179.
Limbus 65.
Linearer Fehler 227.
Linie einbinden 282.
Liniennivellement 172.
Lot mit Schaufeln 299.
— mit Zeichenstift 302.
Lotinstrument von NAGEL 303.
Lotlinie 2.
Lotteller von SCHMIDT 301.
Lotverfahren zur Orientierung 294.
Lupen an den Nonien 67.

Magnetisieren der Nadel 129.
Magnetkollimator 318.
Magnetlinie, magnet. Meridian 14.
Magnetnadel, Empfindlichkeit 128.
— Form 123.
Magnetnadelinstrumente 119.
Magnetometer mit Spiegel u. Skala 321.
Magnetorientierung 307 ff.
Magnetstab des Kollimators 320.
Magnettheodolit 61. 313. 317.
— Aufstellung 331.
— Prüfung 333.
Markscheiderarbeiten 202 ff.
Markscheiderböcke 28.
Markscheiderlampen 251.
Markscheiderzeichen 243.
Markscheiderzug 24.
Maßgestänge zu Schachttiefenmessungen 200 ff.
Meridian, astronomischer 3.
— magnetischer 14.
Meridianbestimmung 353.
Meridiankonvergenz 14. 353.
Messungsbasis 210.
Meßbänder 30 ff.
Meßrad zu Tiefenmessungen 198.
Meßstäbe 26 ff.
Meterkette 25.
Mikrometerwerke 57.
Mikroskopbussole 314.
Mikroskoptheodoliten 68.

Nachtbogen der Gestirne 4.
Nadelklemmung 123.
Nadir 3.
NAGELsches Lotinstrument 303.
Nebenpolygone 226.
Neigungswinkel gegen die Abszissenachse, Ableit. 204 ff.
Netzeinschaltung 212.
Nivellements, Genauigkeit 182.
Nivellementsformulare 172 ff.
Nivellieren 158 ff.
— aus den Endpunkten 170.
— aus der Mitte 169.
— einfaches und zusammengesetztes 171.
— Verfahren dabei 180.
Nivellierlatten 162—167.
Nonien 67 ff.
Noniuskreis 65.
Normalenmethode 22. 282.
Normal-Null 174.
Null auf Null 68.
Nutation der Erdachse 11.

Objektiv 44.
Okular 44. 45.
Okularbewegung 77. 179.
Okularprisma 47.
Orientieren eines Polygons 290.
— eines Risses 254.
Orientierung mittels des Magneten 307 ff.
— mittels Einrechnen 292.
— nach dem Lotverfahren 294.
Orientierungsbussole 314.
Orientierungsfehler des Kompasses 137.
Orientierungslinie 137. 254.
Ortszeit 10.

Pantograph 279.
Planimeter 286.
Plattenrisse 270.
Pfriemen 26.
Polarkoordinaten 21.
Polarmethode 23.
Polarstern 4. 357.
Poldistanz 5.
Polhöhe 3. 7.
Polygon, geschlossenes 22. 239.
— offenes 22. 233 ff.
Polygonberechnung 227.
Polygonfehler 229.
Polygonmessung 22. 226 ff.
Polygonseite 22.
Polygonwinkel 22.
POTHENOTsche Aufgabe 218 ff.
Prahne 249.
Präzession 11.
Preßschraube 50.
Prismenkreuz 42. 43.
Profile 270. 277.
Projektionen 19.
Prüfung der Instrumente 23.
Punkt anbinden 281.
— fixierte 98.
— verlorene 105. 269.
Punkteinschaltung 213.
Punktübertragung 264.

Quadratnetz 256. 280.
Quarzfäden 324.
Quecksilberhorizont 303.
Quecksilber zum Beruhigen des Lotes 299.

RAMSDENsches Okular 45.
Rechnungsbasis 211.
Reduktion der Basis 211.
Reduktionszirkel 279.
Refraktion des Lichtes 169. 195. 359.
REICHELTsches Kompaßstäbchen 151.
Reiterlibelle 53.
Rektaszension eines Sternes 5.
Repetieren eines Winkels 84. 85.
Repetitionstheodolit 61.
Reversionslibellen 54. 161. 178.
Richtstäbe 24.
Richtwinkel 308.
Röhrenkompaß 315.
Röhrenlibelle 52.
Rollrisse 270.
RÖSSLER 121.
Rückwärtseinschneiden 13.
Ruhelage des Lotes 300.

Sattel, Sattelpunkt 345.
Satzbeobachtung 83.
Schachtlotungen 298.
Schachttiefenmessungen 198 ff.
Schenkel des Winkels 13.
Schichtenlinien 345. 347.
Schiebervorrichtung 305.
Schiefe der Ekliptik 8.
Schiefer Winkel 81.
SCHMIDT, Lotteller 301.
— Nivellierlatten 165.
Schnittwinkel 213. 218.
Schnur spannen 27.
Schraubenstange 50.

Sehachse 46.
Seigerpunkt 23.
Seigerriß 19. 270. 276.
Seitwärtseinschneiden 214.
Senkrechte 2.
Setzkompaß 120.
Setzlibelle 53.
Setzniveau mit Latte 195.
Signale 96. 104. 105. 107. 110.
Signaturen auf Grubenrissen 274 ff.
Skala 309. 318.
Skalenteil 310. 331.
Sohle 23.
SOLDNERsche Koordinaten 21.
Solstitialpunkte 9.
Sonnenglas 47.
Sonnentag 9.
Spannungsmesser 31.
Spiegeldeklinatorium 315. 316.
Spitzen der Stellschrauben 50.
Spreize 48. 108.
Springstationen 193. 230.
Stand der Uhr 10.
Standplatte 49.
Staffelmessung 34.
Stativ 48.
Steigerhängezeug 141.
Stellschrauben 50.
Sternentag 9.
Störungen, magnetische 17. 336.
Straßenbau 351.
Streichwinkel 24. 124. 248. 348.
Streichwinkelmessung 325 ff.
Stückvermessung 22. 282.
Stunde (für Winkel) 23.
Stundenhängen 249.
Stundenteilung des Kompasses 125.
Stundenwinkel eines Sternes 5.

Tachymeterarbeit 343 ff.
Tachymetrie 339 ff.
Tachymetrisches Höhenmessen 342.
— Längenmessen 341.
Tagebogen der Gestirne 4.
Taschenkompaß 141.
Thallinien 345.
Theodolit, Ableitung des Wortes 58.
— Aufstellen und Zentrieren 98 ff.
— einfacher und Repetitions- 61.
— exzentrischer 71.
— Fehler am 89 ff.
— mit Mikroskopen 68 ff.
— Prüfung 73 ff.
— Teilung des 74.
Theodolitmessung in tonnlägigen Schächten 113 ff.
— mit Untersätzen 98. 105 ff.
Tiefen- und Höhenwinkel 12. 73.
Tonnlage, tonnlägig 23.
Torsion, Torsionsstab 311.
Torsionsgewicht 321.
Transporteur 259 ff.
Triangulation 22.

Überteilung des Nonius 68. 74.
Übertragung von Punkten 264.
Uhr 10.
Umfangsmessung 22. 284.
Umlegen des Fernrohrs 70.
Unterlagescheiben am Theodolit 50.
Untersätze zum Theodolitmessen 106 ff.

Variation, magnetische 15. 309 ff.
VEITH, schreibendes Lot 302.
Verhältnismaßstab 278.
Verjüngungsverhältnis 256. 273.
Vermessungshorizont 19. 158.
Vermessungsmethoden 22.
Vermessungsrichtung 13.
Vertikalfehler des Theodoliten 90.
Vertikalwinkel 93.
— exzentrischer 95.
Visierkompaß 142.
Vorwärtseinschneiden 213. 215 ff.

Währzug 24.
Wasserlautlinien 345.
Wasserscheiden 345.
WEISSBACH, Hängelampe 105.
— Setzniveau 195.
Weltachse 3.
Weltgegend am Kompaß 126.
Widersinnige Bezifferung 13. 126.
Winkel, Horizontal- u. Vertikal- 12.
Winkelmessen, einfaches und mit Repetition 81 ff.
— mit exzentrischen Theodoliten 87.
Winkellager 57.
Winkelprisma 41.
Winkelschenkel 13.
Winkelspiegel 39.
Winkeltrommel 38.
Winkelwert eines Skalenteils 310.

Zapfen 56.
Zeitbestimmung 10.
Zeiteinteilung 8.
Zeitgleichung 10.
Zenith 3.
Zenithdistanz 5.
Zenithwinkel 12. 73.
Zentralschraube 50.
Zentrierbarer Hängekompaß 153.
Zentrierbrett 104.
Zentriermarke, -bänkchen 99.
Zentrierscheibe 102.
Zentrierspitze, -stift 96. 305.
Zentrierstativ 103.
Zentriervorrichtung v. CHRISMAR 101.
Ziellinie, ebene 46.
Zielscheiben 163. 167.
Zirkumpolarsterne 4.
Zug, Markscheiderzug 24.
Zulegen 253 ff.
— mit dem Kompaß 254.
— mit dem Transporteur 260.
— mit der Gradscheibe 258.
Zulegeplatte 140.

Bayerische Staatsbibliothek München

Bayerische StaatsBibliothek

Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Brathuhn, Otto

Lehrbuch der praktischen Markscheidekunst unter Berücksichtigung der allgemeinen Vermessungskunde

Leipzig 1894

BHS II K 146

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11558550-4